

PENGATURAN TAP ON LOAD TAP CHANGER TRAFU DAYA 150 KV PADA PERUM PERURI BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN

Rian Dwi Saputro¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Global Jakarta

Email: riandwi@student.jgu.ac.id

Sinka Wilyanti¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Global Jakarta

Email: sinkaww@gmail.com

Agung Pangestu¹

Program Studi Teknik Elektro Universitas Global Jakarta

Email: agungp@jgu.ac.id

ABSTRACTS : To support production activities, Perum Peruri requires a stable electricity supply. A tap changer is used to keep the output voltage on the secondary side of the transformer constant with a value of 20 kV, which is installed on a 150 kV power transformer. The purpose of this study was to reduce tap movement on OLTC to stabilize the secondary voltage of the 150 kV power transformer at the Perum Peruri substation. The data collection method used is a literature study to obtain a theoretical basis, as well as using field studies with observation techniques to collect data in the form of secondary voltage (V_s), primary voltage (V_p), current, power, tap position, and power transformer specifications at the Perum Peruri Substation. 30 experiments were conducted using the Tiuan Neural Network (JST) to obtain the largest regression value or close to 1 and to obtain the smallest MSE (Mean Squad Error) value. The magnitude of the regression value and the MSE value will affect the correlation between the simulation results on Simulink and the target tap determined based on the transformer nameplate.

Keyword: Transformer, Tap Changer, Artificial Neural Network, Matlab, Simulink.

ABSTRAK: Untuk menunjang kegiatan produksi, Perum Peruri membutuhkan pasokan listrik yang stabil. Digunakan *tap changer* untuk menjaga tegangan output pada sisi sekunder transformator agar tetap konstan dengan nilai 20 kV, yang dipasang pada transformator daya 150 kV. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengurangi pergerakan tap pada OLTC untuk menstabilkan tegangan sekunder transformator daya 150 kV di gardu induk Perum Peruri. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah studi pustaka untuk mendapatkan landasan teori, serta menggunakan studi lapangan dengan teknik observasi untuk mengumpulkan data berupa tegangan sekunder (V_s), tegangan primer (V_p), arus, daya, posisi tap, dan spesifikasi transformator daya pada Gardu Induk Perum Peruri. Dilakukan 30 kali percobaan menggunakan Jaringan Syaraf Tiuan (JST) untuk mendapatkan nilai regression terbesar atau mendekati 1 dan untuk mendapatkan nilai MSE (*Mean Squad Error*) terkecil. Besarnya nilai regression dan nilai MSE akan mempengaruhi korelasi antara hasil simulasi pada Simulink dengan tap target yang ditentukan berdasarkan *nameplate* transformator.

Kata Kunci: Transformator, *Tap Changer*, Jaringan Syaraf Tiruan, Matlab, Simulink.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ini menyebabkan konsumsi sumber energi listrik terus bertambah. Dengan hal tersebut memunculkan suatu ide bagaimana Perusahaan Listrik Negara (PLN) dapat menyuplai tenaga listrik dengan kualitas, kontinuitas dan keandalan yang tinggi. Untuk menstabilkan tegangan, PLN menggunakan perubahan sadapan atau *tap changer* yang dipasang pada transformator.

Tap changer adalah alat pengubah perbandingan lilitan trafo untuk memperoleh tegangan sekunder yang bagus (dibutuhkan) dari perubahan tegangan primer. *Tap changer* digunakan untuk menjaga tegangan sekunder transformator agar stabil dengan nilai 20 kV yang dipasang pada transformator daya 150/20 kV dan otomatis beroperasi ketika terjadi perubahan tegangan akibat jatuh tegangan karena terdapat rugi hantaran dan perubahan beban. *Tap changer* yang dapat bekerja ketika transformator berbeban dinamakan “*On Load Tap Changer*” atau OLTC yang mampu bekerja secara otomatis dan manual. Pergerakan otomatis OLTC diatur oleh *Automatic Voltage Regulator* atau AVR dengan prinsip kerja perubahan tap OLTC secara *step by step*. Hal ini dinilai tidak efisien karena akan menyebabkan OLTC sering beroperasi.

Pada penelitian ini pengaturan posisi tap OLTC disimulasikan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan simulink. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menyempurnakan pengaturan perubahan posisi tap pada OLTC yang sesuai dengan nameplate transformator. Hasil penelitian ini diharapkan perubahan posisi tap OLTC dapat berkurang, untuk meminimalisir potensi kerusakan akibat panas dari perpindahan posisi tap OLTC (S & Bansilal, 2015).

Dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) diharapkan mampu menentukan posisi

¹ Program Studi Teknik Elektro Universitas Global Jakarta

tap yang tepat sesuai dengan nilai tegangan sekunder (V_s) sebagai tegangan output dan nilai tegangan primer (V_p) sebagai tegangan input. Didalam penelitian, nilai tegangan sekunder (V_s) dan tegangan primer (V_p) dijadikan sebagai data input dan perubahan tap (tap target) sebagai target.

METODE PENELITIAN

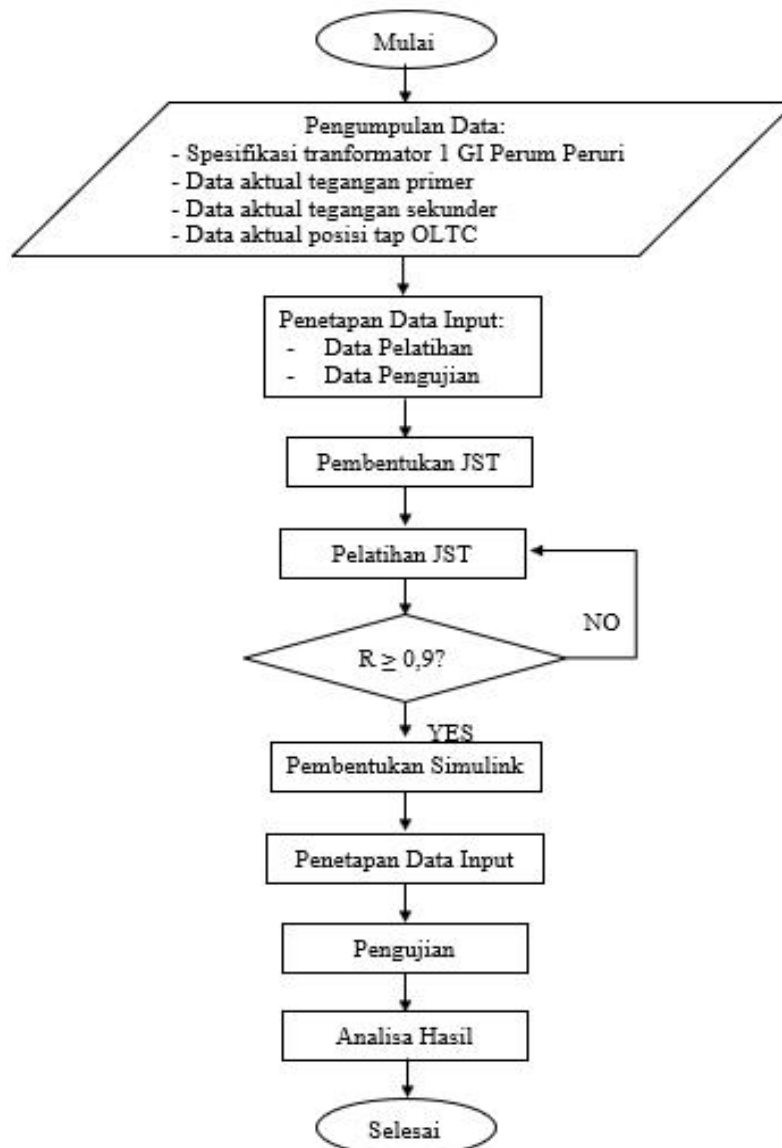
Tempat Penelitian, Objek, dan Waktu

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penelitian dilakukan di Perum Peruri yang beralamat di Desa Parung Mulya, Kecamatan Ciampel, Jl. Tarum Barat, Kabupaten Karawang, Jawa Barat dengan mengambil objek transformator I berkapasitas 15 MVA. Waktu penelitian berlangsung selama 1 bulan yaitu pada 13 Januari - 15 Februari 2022.

Jenis Penelitian

Metode yang digunakan yaitu jenis/pendekatan penelitian berupa Studi Pustaka. Studi Pustaka untuk mendapatkan informasi dan mempelajari teori mengenai OLTC dan Jaringan Syaraf Tiruan.

Studi lapangan juga digunakan dalam penelitian ini. Studi lapangan merupakan suatu metode studi kasus dengan pendekatan deskriptif. Studi lapangan adalah metode penelitian yang dilakukan secara langsung dengan observasi, mencatat, wawancara dan pertanyaan-pertanyaan pada objek/ahli dari suatu objek yang diteliti. Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian ini:



■ Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir proses pembuatan penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data-data transformator Gardu Induk Perum Peruri seperti data tegangan sekunder (V_s), tegangan primer (VP), dan posisi tap changer tiap 30 menit sekali. Data yang didapat digunakan untuk menghitung perbandingan nilai tegangan primer (VP'), tegangan sekunder (V_s'), dan menentukan tap target pada OLTC. Lalu data yang didapat ditransformasikan melalui proses pelatihan jaringan JST pada Matlab yang akan menghasilkan nilai *regression*. Jika nilai *regression* dibawah 0,9 maka data-data transformator akan diolah kembali untuk mendapatkan nilai *regression* lebih dari 0,9 atau mendekati angka 1. Kemudian hasil dari proses pelatihan JST disimpan lalu diuji melalui simulasi simulink diagram dengan data tegangan primer (VP') dan tegangan sekunder (V_s') sebagai input tegangan. Jika hasil pengujian dengan simulink mendekati atau sesuai dengan tap target yang telah dibuat pada tabel, berarti pengujian ini selesai dan berhasil.

Data Transformator

■ **Tabel 1.** Spesifikasi Dasar Transformator 15 MVA

<i>Merk</i>	UNION
<i>Transformer Type</i>	TSSN 7252
<i>Year of manuf</i>	1993
<i>Standard</i>	IEC 76
<i>Rate power</i>	15000 kVA
<i>Phases</i>	3
<i>Connection symbol</i>	Ynyn0
<i>Cooling method</i>	ONAN
<i>Rated frequency</i>	50 Hz

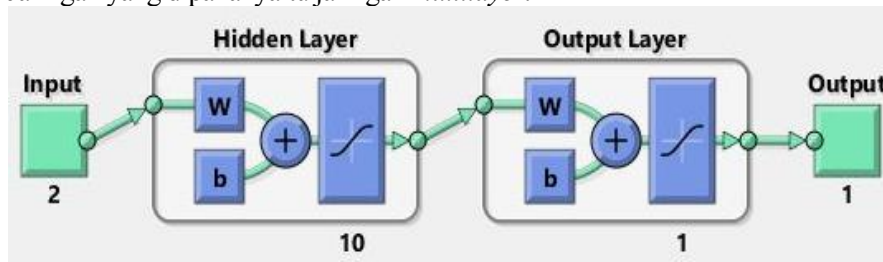
■ **Tabel 2.** Posisi Tap Transformator Daya 15 MVA

Tap Posisi	V_s (V)	Current (A)	Connections on Tap Selector
1	168000	51.5	14
2	165750		13
3	163500		12
4	161250		11
5	159000		10
6	156750		9
7	154500		8
8	152250		7
9	150000	57.7	6
10	147750		4
11	145500		14
12	143250		13
13	141000		12
14	138750		11
15	136500		10

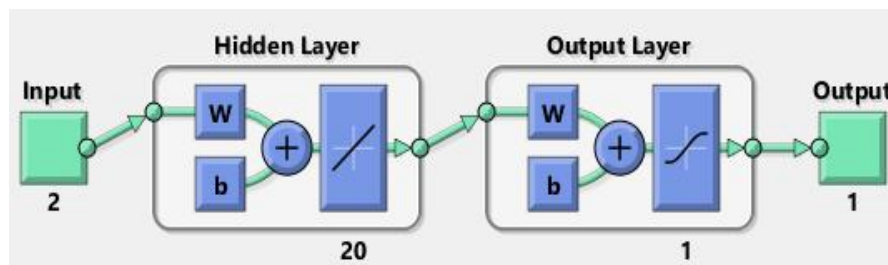
16	134250		9
17	132000	65.6	8

Rancangan Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

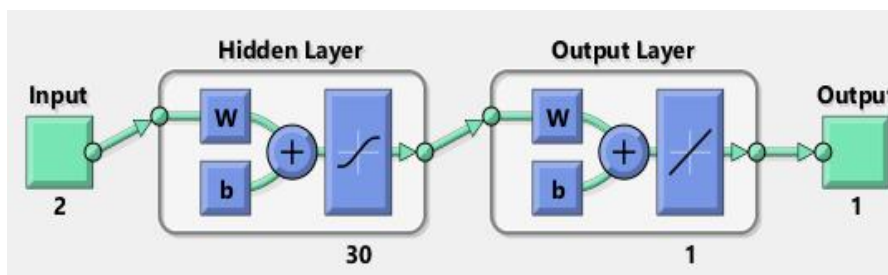
Digunakan 2 data input, lapisan tersembunyi sebanyak 10, 20, dan 30, serta 1 data output (Gambar 2 – Gambar 4) untuk merancang arsitektur JST. Nilai tegangan primer (V_p) dan nilai tegangan sekunder (V_s') sebagai data input, sedangkan posisi tap target OLTC sebagai data output. Rancangan ini digunakan saat proses pelatihan data pada JST bertujuan untuk memperoleh nilai *regression* mendekati angka 1 dan nilai MSE terkecil. Jaringan yang dipakai yaitu jaringan *multilayer*.



■ Gambar 2. Arsitektur JST 10 Hidden Layer



■ Gambar 3. Arsitektur JST 20 Hidden Layer



■ Gambar 4 Arsitektur JST 30 Hidden Layer

HASIL DAN ANALISA

HASIL

Hasil pelatihan jaringan Simulasi Pengaturan Tap *On Load Tap Changer* Trafo Daya 150 kV pada Perum Peruri dalam Jaringan Syaraf Tiruan dapat dilihat pada tabel berikut:

■ Tabel 3. Hasil Pelatihan Jaringan Menggunakan 10 Hidden Layer

NO	Percobaan	MSE	Regression	Hasil Tap	Tap Target	Error (%)
1	Percobaan 1	0.0508	0.95681	10.9368	11	0.5745
2	Percobaan 2	0.0539	0.95165	11.0653	11	0.5936
3	Percobaan 3	0.0448	0.96431	10.9792	11	0.1891
4	Percobaan 4	0.1005	0.92058	11.0281	11	0.2554

5	Percobaan 5	0.0578	0.95026	11.0791	11	0.7191
6	Percobaan 6	0.0676	0.9454	11.1988	11	1.8073
7	Percobaan 7	0.0548	0.9507	11.1872	11	1.7018
8	Percobaan 8	0.132	0.9181	11.4278	11	3.8891
9	Percobaan 9	0.2684	0.9314	10.2771	11	6.5718
10	Percobaan 10	0.6652	0.7296	12.3228	11	12.025

■ **Tabel 4.** Hasil Pelatihan Jaringan Menggunakan 20 *Hidden Layer*

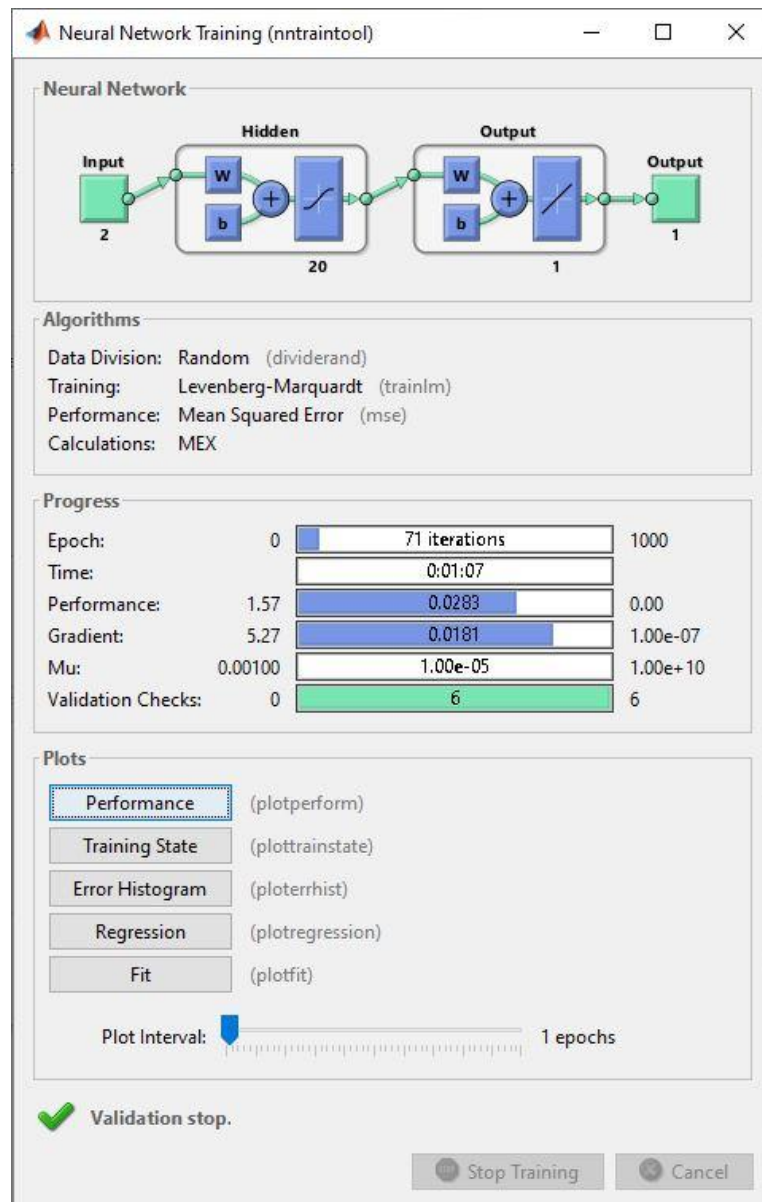
NO	Percobaan	MSE	Regresion	Hasil Tap	Tap Target	Error (%)
1	Percobaan 1	0.03076	0.9726	10.9667	11	0.30263
2	Percobaan 2	0.03445	0.9695	11.008	11	0.073
3	Percobaan 3	0.07112	0.9377	11.0111	11	0.10063
4	Percobaan 4	0.04837	0.9567	10.9922	11	0.07109
5	Percobaan 5	0.16133	0.8892	11.0118	11	0.10763
6	Percobaan 6	0.25101	0.8185	11.33	11	3
7	Percobaan 7	0.27813	0.9753	11.0059	11	0.05352
8	Percobaan 8	0.02664	0.9763	11.0019	11	0.01764
9	Percobaan 9	0.11609	0.9061	11.1942	11	1.76509
10	Percobaan 10	0.13122	0.8941	11.1158	11	1.05262

■ **Tabel 5.** Hasil Pelatihan Jaringan Menggunakan 30 *Hidden Layer*

NO	Percobaan	MSE	Regresion	Hasil Tap	Tap Target	Error (%)
1	Percobaan 1	0.07192	0.9468	11.0501	11	0.45545
2	Percobaan 2	0.03398	0.9696	11.0348	11	0.31636
3	Percobaan 3	0.05031	0.958	11.125	11	1.13636
4	Percobaan 4	0.03111	0.9722	11.0287	11	1.03363
5	Percobaan 5	0.03104	0.9729	11.0269	11	0.71818
6	Percobaan 6	0.04075	0.9639	11.0351	11	0.31909
7	Percobaan 7	0.06645	0.9567	11.1433	11	1.30272
8	Percobaan 8	0.04104	0.9641	11.0531	11	0.11
9	Percobaan 9	0.04242	0.9636	11.0353	11	0.3209
10	Percobaan 10	0.04606	0.9595	11.0391	11	0.35545

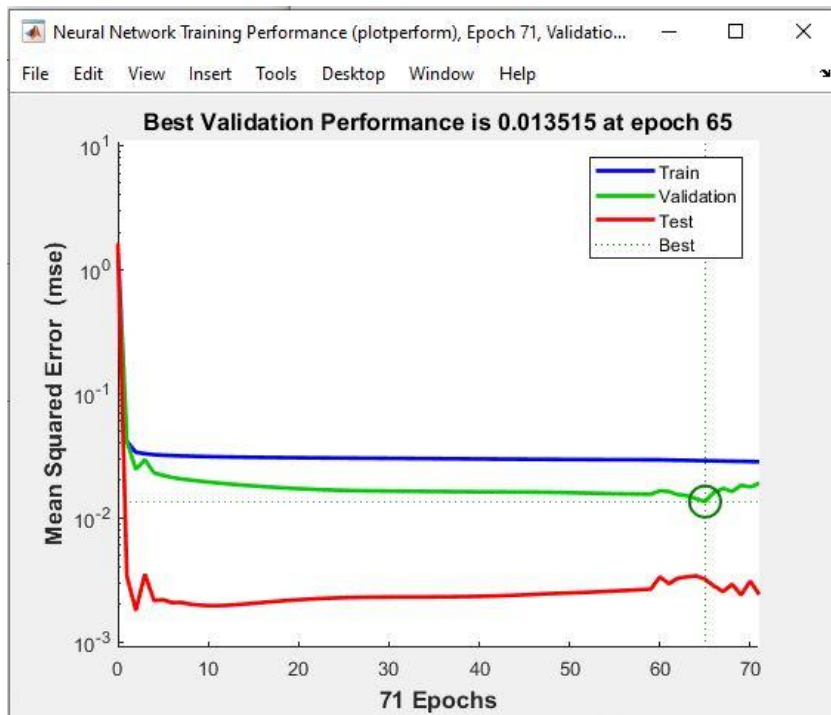
Dari tabel hasil percobaan diatas terlihat bahwa dari 30 percobaan yang dilakukan, hasil terbaik terdapat pada percobaan 8 menggunakan 20 *hidden layer* menghasilkan nilai *regression* tertinggi yaitu 0,976289 dan nilai MSE terkecil yaitu 0,02664. Sedangkan hasil dengan nilai eror terbesar yaitu pada percobaan 10 menggunakan 10 *hidden layer* menghasilkan nilai *regression* hanya 0,7296 dan nilai MSE mencapai 0,6652.

Setelah melakukan *retrain* beberapa kali, hasil terbaik dengan nilai eror terkecil terdapat pada percobaan 8 dengan 20 *hidden layer*. Nilai *regression* yang diperoleh pada percobaan 8 sebesar 0,97629 (mendekati 1) dan *validation* sebesar 0,013515 dengan epoch 65 iterasi yang dapat dilihat pada Gambar 5 dan gambar 6.



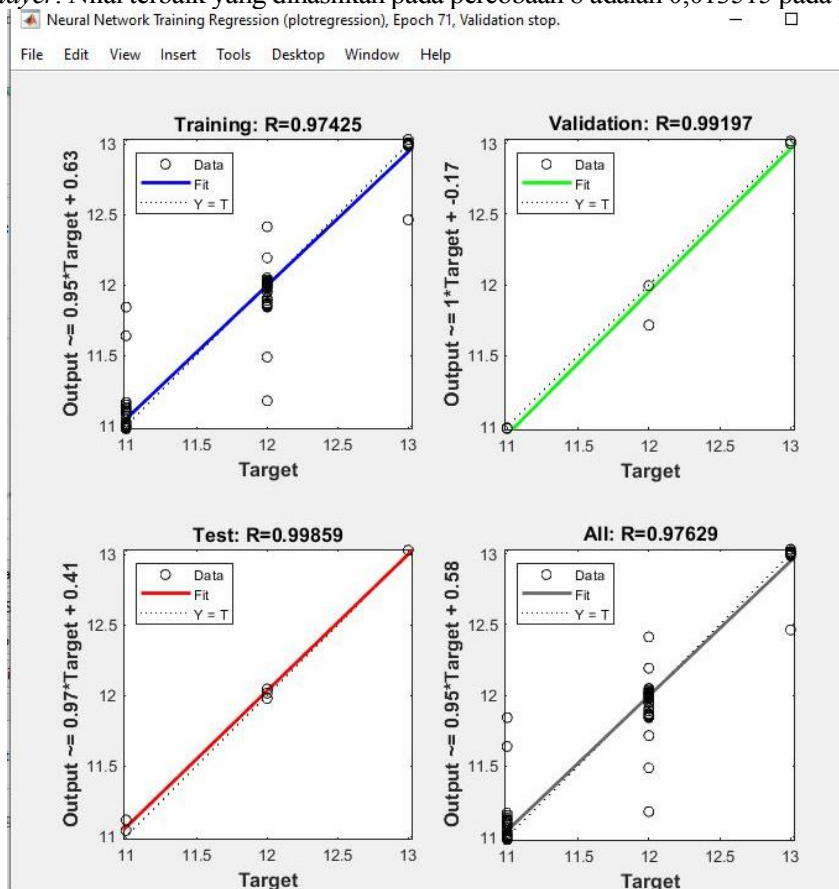
■ Gambar 5. Hasil Pelatihan Jaringan Percobaan 8 Dengan 20 Hidden Layer

Pada percobaan 8 seperti Gambar 5 menampilkan jika algoritma yang digunakan yaitu pelatihan data *Levenberg Marquardt*, *performance Mean Squared Error* (MSE) dan hasil pengujian berhenti pada epoch 71 selama 0:01:07.



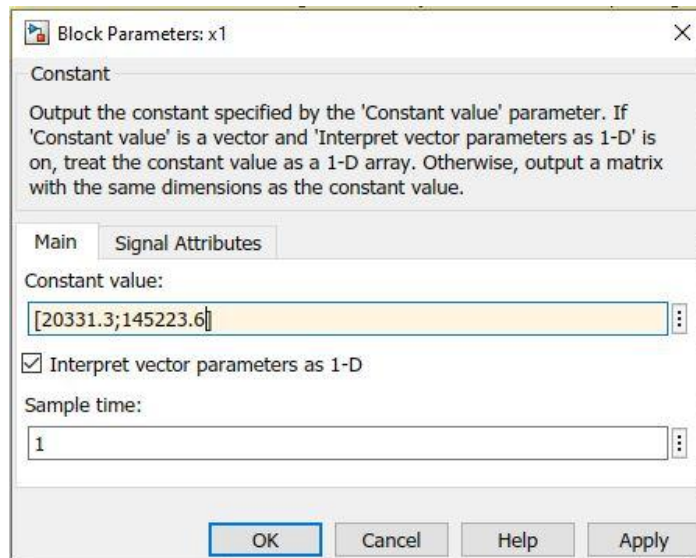
■ **Gambar 6.** Plot Grafik Pelatihan Data Percobaan 8 Dengan 20 Hidden Layer

Pada Gambar 6 menampilkan hasil perbandingan antara validasi, pelatihan, dan tes pada percobaan 8 dengan 20 *hidden layer*. Nilai terbaik yang dihasilkan pada percobaan 8 adalah 0,013515 pada epoch 65.



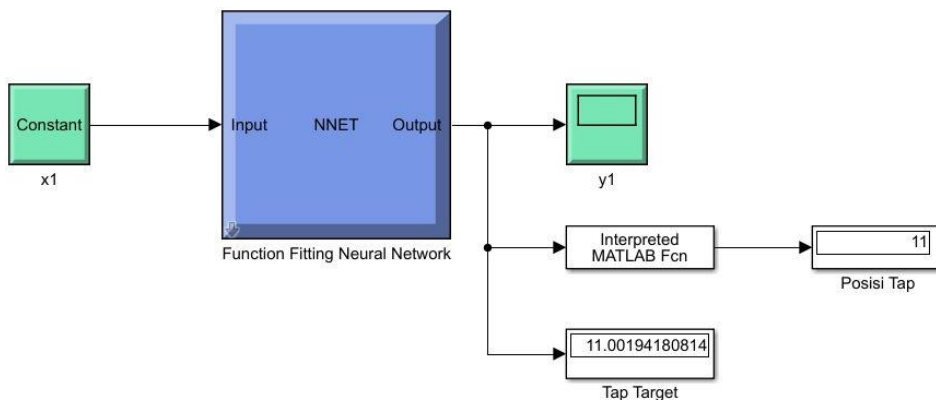
■ **Gambar 7.** Plot Regression Percobaan 8 Dengan 20 Hidden Layer

Gambar diatas merupakan hasil *regression* pada percobaan 8 dengan nilai 0,97629. Hasil dari percobaan 8 ini merupakan hasil regression terbaik dari percobaan lainnya.



■ **Gambar 8.** Blok Parameter Percobaan 8 Dengan 20 *Hidden Layer*

Dengan nilai *regression* 0,97629, selanjutnya dapat disimulasikan dengan simulink diagram untuk mengetahui posisi tap yang dihasilkan dari percobaan 8 dengan besar V_p dan V_s' sama seperti simulasi sebelumnya.

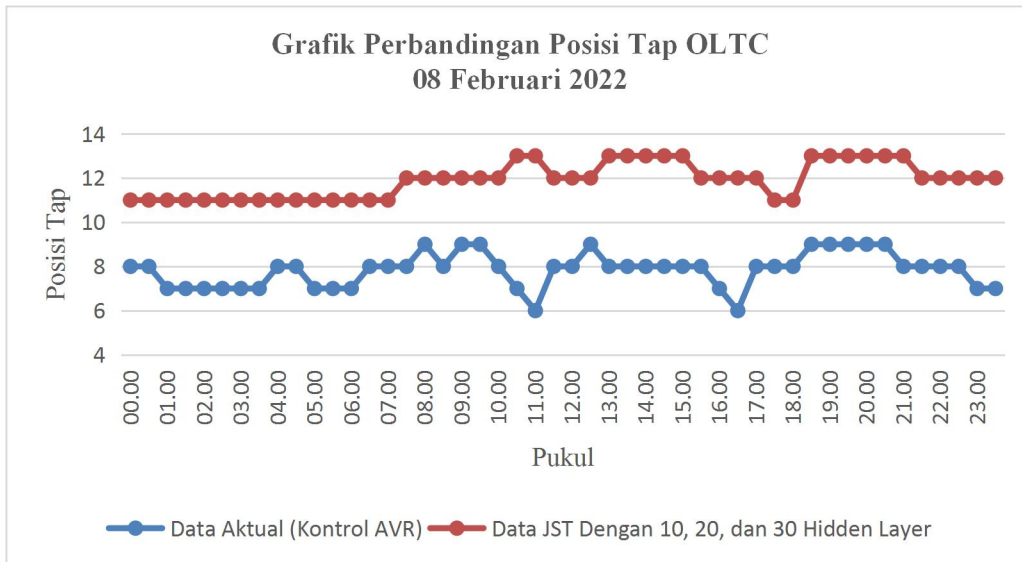


■ **Gambar 9.** Hasil Simulasi Simulink Percobaan 8 Dengan 20 *Hidden Layer*

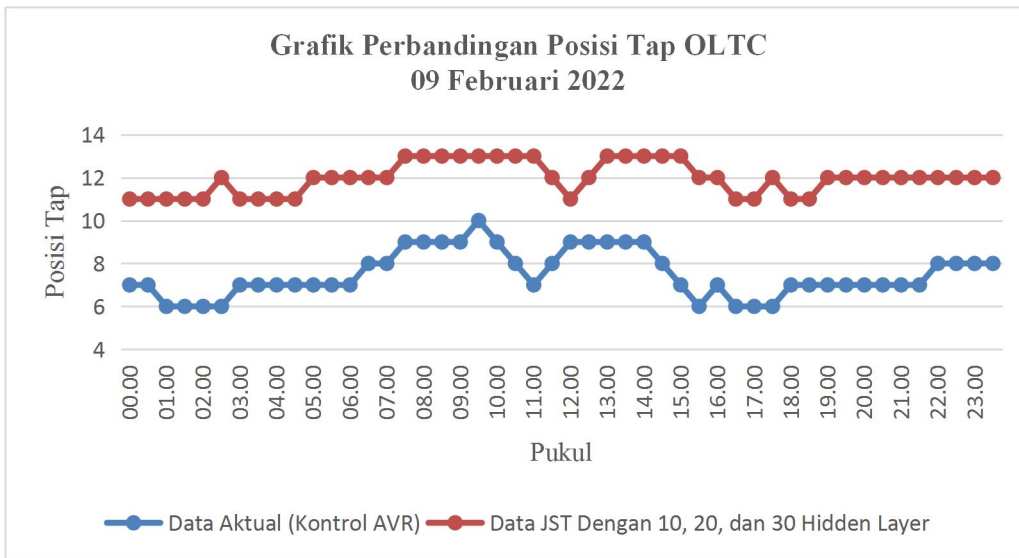
Pada Gambar 9 diatas menunjukkan output posisi tap adalah 11,00194, nilai tersebut hampir mendekati targetnya yaitu 11. Sehingga diketahui besar selisih/eror antara output dengan target adalah 0,00194 atau 0,017% dari target. Nilai *regression* (R) yang dihasilkan saat proses pelatihan data sebesar 0,97629, MSE hanya 0,02664, dan tingkat Validation sebesar 0,99197. Dengan nilai *regression* tertinggi dan hampir mendekati 1, serta nilai MSE paling kecil dari percobaan lainnya sehingga percobaan 8 ini merupakan percobaan terbaik dari percobaan lainnya. Sehingga Simulink diagram percobaan 8 ini dapat digunakan untuk proses pengujian data selanjutnya.

ANALISA

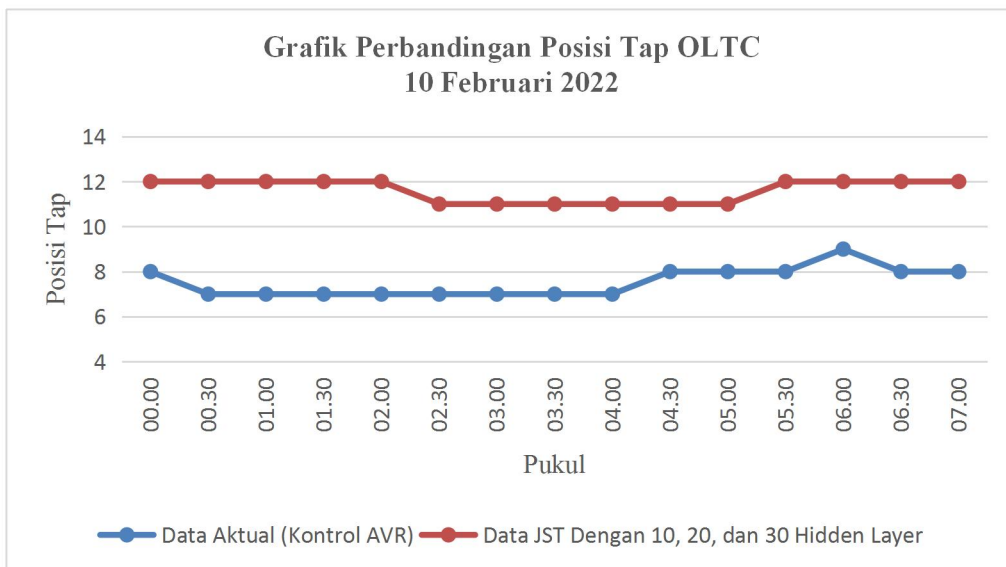
Hasil data yang diperoleh dari simulasi simulink diagram pengaturan tap OLTC dengan JST, selanjutnya dibandingkan dengan data aktual (kontrol AVR). Perbandingan perpindahan tap data aktual dan hasil data simulasi simulink diagram yang didapat pada tanggal 08 – 10 Februari 2022 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 – Gambar 12 dibawah ini.



■ **Gambar 10.** Grafik Perbandingan Posisi Tap OLTC 08 Februari 2022



■ **Gambar 11.** Grafik Perbandingan Posisi Tap OLTC 09 Februari 2022



■ **Gambar 12.** Grafik Perbandingan Posisi Tap OLTC 10 Februari 2022

Pada gambar grafik perbandingan posisi tap OLTC diatas terlihat bahwa perpindahan tap OLTC pada data aktual lebih banyak dari pada perpindahan tap OLTC saat simulasi simulink diagram dengan JST. Pada tanggal 08 Februari 2022 data diambil tiap 30 menit sekali menunjukkan bahwa tap OLTC menggunakan AVR mengalami perubahan tap sebanyak 18 kali, pada tanggal 09 Februari sebanyak 17 kali, dan pada tanggal 10 Februari 2022 terhitung dari pukul 00:00-07:00 mengalami perubahan tap sebanyak 4 kali. Sedangkan dengan menggunakan simulink diagram berbasis JST, perpindahan tap OLTC pada tanggal 08 Februari 2022 sebanyak 8 kali, pada tanggal 09 Februari sebanyak 13 kali, dan pada tanggal 10 Februari 2022 sebanyak 2 kali. Jadi jika dijumlahkan dari tanggal 08-10 Februari 2022, perpindahan tap OLTC menggunakan AVR sebanyak 39 kali sedangkan menggunakan simulink diagram berbasis JST hanya 23 kali.

Dari hasil perbandingan perubahan tap OLTC menunjukkan bahwa simulasi pengaturan tap OLTC transformator daya 150 kV pada Perum Peruri berbasis JST dengan simulink yang dilakukan berhasil. Perubahan tap OLTC menggunakan AVR lebih banyak karena cara kerja AVR masih *step by step* sehingga perpindahan tap OLTC tidak sesuai *name plate* transformator yang akan mengakibatkan OLTC sering bekerja dan menyebabkan suhu panas karena OLTC sering bergesekan. Hal tersebut berakibat pada resiko percepatan kerusakan mekanis pada OLTC maupun pada komponen lainnya. Dengan adanya pengaturan OLTC menggunakan JST, pergerakan tap dapat diminimalisir dan sesuai dengan *name plate* transformator, sehingga dapat meminimalisir atau memperkecil resiko kerusakan mekanis pada OLTC dan komponen lainnya.

KESIMPULAN

Hasil perpindahan tap OLTC berbasis Jaringan Syaraf Tiruan didapat dari pelatihan jaringan pada data input tegangan sekunder, tegangan primer, dan tap target yang disesuaikan dengan *name plate* trafo daya 150 kV. Pelatihan jaringan dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil eror yang kecil. Dari 30 percobaan pelatihan jaringan pada JST menggunakan 10, 20, dan 30 hidden layer, hasil terbaik didapat pada percobaan 8 menggunakan 20 *hidden layer* menghasilkan nilai eror terkecil yaitu 0,017% dengan nilai MSE terkecil 0,02664 dan nilai *regression* terbesar 0,97629. Hasil simulasi dengan nilai *regression* yang mendekati angka 1 dan nilai MSE terkecil akan hampir mendekati nilai tap target OLTC.

Dalam data aktual atau pengaturan tap OLTC kontrol AVR (*Automatic Voltage Regulator*) ketika tegangan primer (V_p) sebesar 19840 V, nilai tegangan sekunder (V_s) yaitu 151950,3 V dengan posisi tap 9 yang belum sesuai dengan *name plate* OLTC seharusnya posisi tap adalah 8. Sedangkan pengaturan tap OLTC menggunakan JST ketika tegangan sekunder (V_s') sebesar 141714,29 V posisi tap OLTC yaitu 13 yang sudah sesuai dengan *name plate* OLTC dimana tegangan sekunder (V_s) ketika posisi tap OLTC 13 yaitu sebesar 141000 V.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.N. Afandi. 2010. Sistem tenaga Listrik Operasi Sistem dan Pengendalian. Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. Malang.
- [2] Agustina, Welli. 2017. Optimasi Pengaturan Tap OLTC untuk Meningkatkan Stabilitas Tegangan Transformator Daya 500 kV Unit 6 PT. YTL Jawa Timur Berbasis Artificial Neural Network: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember.
- [3] Alsimeri, dkk. 2018. Teknik Transmisi Tenaga Listrik Jilid 1. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- [4] Andriyani, Riska Ayu. 2013. Optimasi Pengaturan Tap On Load Tap Changer Pada Transformator 150/20 KV Di Gardu Induk Jember Menggunakan Metode Fuzzy Logic Controller. Jember: Universitas Jember.
- [5] Baidhowi, Sattar Abdi. 2017. Analisis Pengaruh On Load Tap Changer (OLTC) pada Transformator 150/20 kV untuk Menjaga Kestabilan Tegangan pada GI Randugarut (PT PLN – GI Randugarut). Tugas Akhir. Universitas Semarang. Semarang.
- [6] Kristiasmoko, Aziz. 2016. Analisis Perubahan On Load Tap Changer Terhadap Setting Tap pada Transformator Distribusi Feeder Sronol 4. Tugas Akhir. Universitas Semarang. Semarang.
- [7] Kusumadewi, Sri. 2004. Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan MATLAB & Excel Link). Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- [8] Rafianto, Andy. 2019. Analisis Sistem On Load Tap Changer (OLTC) Pada Transformator 150/20 KV Untuk Menjaga Kestabilan Tegangan Pada GI Kaliwungu Jawa Tengah. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- [9] Sulasno. 1993. Analisa Sistem Tenaga Listrik. Cetakan Pertama. Satya Wacana. Semarang.
- [10] Zuhail. 1995. Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Gramedia. Jakarta.