

Kontrol tegangan pada terminal generator menggunakan AVR berbasis *neural network*

Linda Sartika¹, Abdul Muis Prasetya², Fitri Ramadhan Sudirman³

e-mail: lindasartika75@gmail.com, prasetya.electric@gmail.com, fitriramadani1120@gmail.com,

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 19 November 2023

Direvisi 23 Juni 2024

Diterbitkan 19 Agustus 2024

Kata kunci:

AVR

Generator Sinkron

Neural Network

ABSTRAK

Generator sinkron mempunyai permasalahan yaitu Ketidak stabilan tegangan pada generator sinkron menyebabkan sistem secara keseluruhan terutama kualitas sistem, kemampuan transfer daya dari pembangkit ke konsumen, kondisi terparah terjadinya mekanisme pelepasan beban dengan demikian maka diperlukan peralatan yang dapat mengendalikan kestabilan tegangan generator sinkron yaitu *Automatic Voltage Regulator* (AVR). AVR adalah suatu perangkat yang dipasang pada generator yang dapat bekerja secara otomatis mengatur tegangan yang dihasilkan oleh generator agar tetap stabil. Penelitian ini mengontrol tegangan generator agar stabil menggunakan metode *Neural Network* (NN). Data penelitian NN diambil dari *input* dan *output* kendali PID dengan Sistem AVR yang sama. AVR sederhana dengan respon *delay time* (t_d) 1,129s, *rise time* (t_r) 2,469s, *peak time* (t_p) 5,039s, *settling time* (t_s) 4,427s, *max overshoot*(M_p) 0% dan untuk *error steady state*(e_{ss}) 0%. AVR sederhana respon tidak terdapat *overshoot* dan respon waktunya lebih lambat 5,039s, konvensional terdapat *overshoot* yang tinggi dan lebih cepat 0,715s, NN respon yang didapatkan *overshoot* pada waktu 2,456s dan adanya usaha perbaikan respon tegangan kembali ke V_{ref} .

Keywords:

AVR

Synchronous Generator

Neural Network

ABSTRACT

Synchronous generators have problems with the instability of the voltage, causing the system as a whole, especially the quality of the system and the ability to transfer power from the generator to the consumer, the worst condition is load shedding. Therefore, equipment is required to control the voltage stability of the synchronous generator with the automatic voltage regulator (AVR). AVR is installed on a generator to work automatically to regulate the voltage so that it remains stable. The generator voltage can be stably controlled using the neural network (NN) method. NN training data is obtained from the input and output of PID control with the exact AVR system. Simple AVR with response delay time (t_d) 1,129s, rise time (t_r) 2,469s, peak time (t_p) 5,039s, settling time (t_s) 4,427s, max overshoot(M_p) 0% and error steady state(e_{ss}) 0%. Simple AVR response has no overshoot, and the response time is slower at 5,039s, conventional has a high overshoot and is faster at 0,715s. NN response obtains overshoot at 2,456s, and there is an effort to improve the voltage response to V_{ref} .

Penulis Korespondensi:

Abdul Muis Prasetya,

Jurusan Teknik Elektro,

Universitas Borneo Tarakan,

Jalan Amal Lama No. 1. Kota Tarakan, Kalimantan Utara Indonesia, 77115.

Email: prasetya.electric@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik meliputi peralatan utama, termasuk generator sinkron yang berperan penting dalam menghasilkan tenaga listrik dalam jumlah tinggi[1]. Energi listrik yang digunakan konsumen untuk kebutuhan sehari-hari dihasilkan oleh pabrik *polifase* dan *industry*. Secara umum prinsip pengoperasian generator sinkron yaitu rotor berputar berkat motor utama dan stator tereksitasi dengan kecepatan yang sama[2].

Generator sinkron mengubah tenaga mekanik menjadi arus bolak-balik (AC) secara elektromagnetik. Kekuatan mesin tersebut berasal dari mesin utama yang memutar rotor, ketika diberi tenaga listrik dihasilkan oleh induksi elektromagnetik yang terjadi pada isolasi stator [3]. Prinsip kerja generator AC adalah belitan setiap fasanya didistribusikan pada slot stator. Ketika rotor diputar oleh turbin, fluks rotor bergerak sehingga kumparan stator terpengaruh oleh fluks rotor sehingga menimbulkan tegangan induksi [4]. Generator sinkron memiliki permasalahan pada ketidak stabilan tegangan. Generator sinkron menyebabkan ketidak stabilan pada keseluruhan sistem terutama kualitas sistem dan kemampuan menyalurkan energi dari generator ke konsumen. Situasi terburuknya adalah mekanisme pelepasan beban, yang membutuhkan peralatan yang dapat menstabilkan tegangan generator sinkron, khususnya pengaturan tegangan otomatis (AVR) [5].

AVR berperan penting dalam membentuk tegangan pada generator sinkron pada generator. Perubahan beban akan menyebabkan tegangan keluaran dari terminal generator berubah, sehingga diperlukan pengatur tegangan AVR dengan cara memeriksa nilai arus eksitasi pada penguat tegangan atau eksiter. Perbandingan jatuh tegangan yang terjadi antara tegangan pembangkit generator dengan tegangan keluaran generator dapat dilihat dari nilai pengaturan tegangannya. Peran dan kegunaan AVR sebagai pengontrol tegangan generator sinkron. Penggunaan AVR sebagai alat untuk mengatasi masalah ketidak stabilan tegangan akan menjadi pokok pembahasan penelitian ini [1].

Neural network merupakan sistem adaptif yang dapat merubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi eksternal maupun internal yang mengalir melalui jaringan tersebut [6]. Jaringan saraf telah dilatih terhadap data tersebut dan akan mampu melakukan prediksi dengan mendeteksi kesamaan pola pada data masukan. Jaringan saraf dapat mendeteksi kesamaan masukan, bahkan beberapa masukan mungkin belum pernah dilatih atau dimasukkan sebelumnya. Karena jaringan saraf memiliki kemampuan interpolasi yang sangat baik, terutama jika data masukan salah, akan timbul banyak *noise* [7].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*)

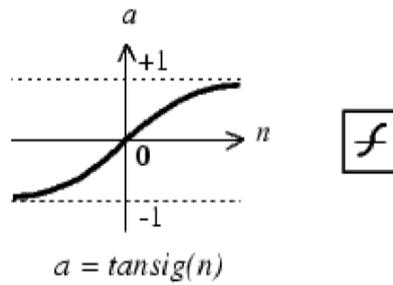
Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang dirancang untuk meniru cara kerja otak manusia dalam memecahkan masalah dengan melakukan proses pembelajaran dengan mengubah bobot sinapsis. Jaringan syaraf tiruan dapat mengenali aktivitas berdasarkan data masa lalu. Jaringan syaraf tiruan akan mempelajari data masa lalu untuk dapat membuat keputusan dengan data yang belum pernah dipelajari sebelumnya [8]. Sistem jaringan syaraf tiruan telah berkembang pesat dan banyak digunakan dalam banyak aplikasi sejak penemuan oleh Mc. Culloch dan Pitts. Jaringan syaraf tiruan digunakan untuk memodelkan aktivitas situs syaraf (otak) manusia saat melakukan tugas tertentu. Model ini didasarkan pada kemampuan otak manusia untuk mengatur sel (*neuron*) untuk melakukan tugas tertentu, termasuk pengenalan pola, dengan efisiensi jaringan yang tinggi dan terbaik [9],[10].

2.1.1 Algoritma Pembelajaran Backpropagation

Untuk mengubah bobot yang terhubung ke *neuron* di lapisan tersembunyi, *perceptron* dengan banyak lapisan sering menggunakan *algoritma* pembelajaran terawasi, yang menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot ke arah yang berlawanan. Untuk menghindari kesalahan, langkah *propagasi* maju juga dikenal sebagai *propagasi* maju harus dilakukan terlebih dahulu. *Neuron* diaktifkan melalui fungsi aktivasi yang berbeda, seperti *sigmoid*, selama propagasi maju [11].

2.1.2 Fungsi Aktivasi *Tansig* Dan *Purelin*

Untuk mengubah masukan keluaran menjadi yang diharapkan[12], Anda dapat menggunakan fungsi aktivasi. Pilihan fungsi aktivasi sangat bergantung pada kebutuhan dan keluaran yang diinginkan; nilai bobot dapat diubah sebesar atau sekecil mungkin. Penelitian ini menggunakan fungsi aktivasi *tansig* dan *linier/purelin*. Fungsi aktivasi *tansig* adalah fungsi alih *tangen sigmoid*. Rumus *hiperbolik tangen sigmoid* akan memetakan nilai masukan ke keluaran. Fungsi ini menghasilkan rentan antara -1 dan 1. Gambar 1. menunjukkan gambar fungsi *tansig* [13],[14],[15].

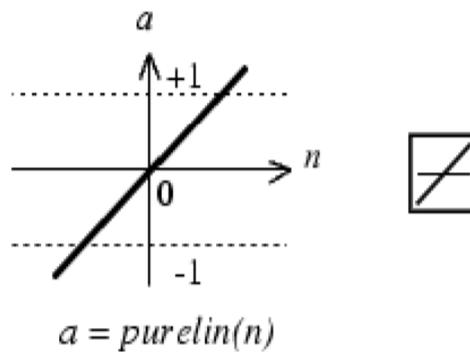


Gambar 1. Fungsi Aktivasi *Tansig*

Sedangkan rumus fungsi aktivasi *tansig* ditunjukkan oleh persamaan berikut [15].

$$a = \tan \text{sig}(n) = \frac{2}{1 + \exp^{-2 \times n}} - 1 \tag{1}$$

Nilai input dan output akan sebanding dengan fungsi aktivasi. Gambar 2. menunjukkan grafik fungsi *purelin*.

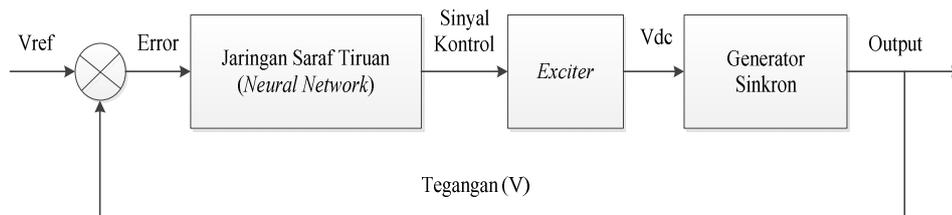


Gambar 2. Fungsi Aktivasi *Purelin*

Sedangkan rumus fungsi aktivasi *purelin* ditunjukkan oleh persamaan [15].

$$a = kn \tag{2}$$

2.2. Perancangan blok diagram simulasi



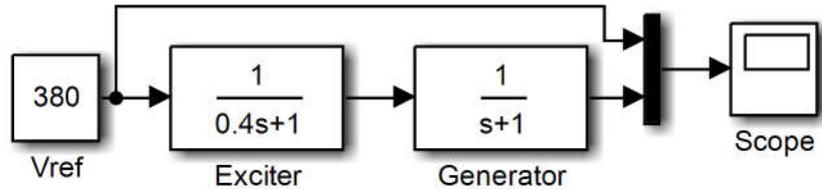
Gambar 3. Blok Diagram Simulasi

Pada perancangan diagram blok diatas yang mana pada bagian referensi (V) tersebut kira menentukan seberapa besar nilai referensi yang akan dipakai sebelum output dimasukkan ke *neural network*, ketika nilai input sudah dimasukkan ke NN selanjutnya diproses oleh AVR stelah diproses oleh AVR maka keluaran dari AVR masuk ke generator sinkron tiga fasa sehingga hasil keluaran dari generator tadi disamakan dengan nilai referensi sebelumnya jika didapatkan nilai yang tidak stabil atau *error* maka dilakukan proses ulang lagi sampai mendapatkan hasil nilai yang stabil atau sesuai dengan nilai referensi yang ditentukan.

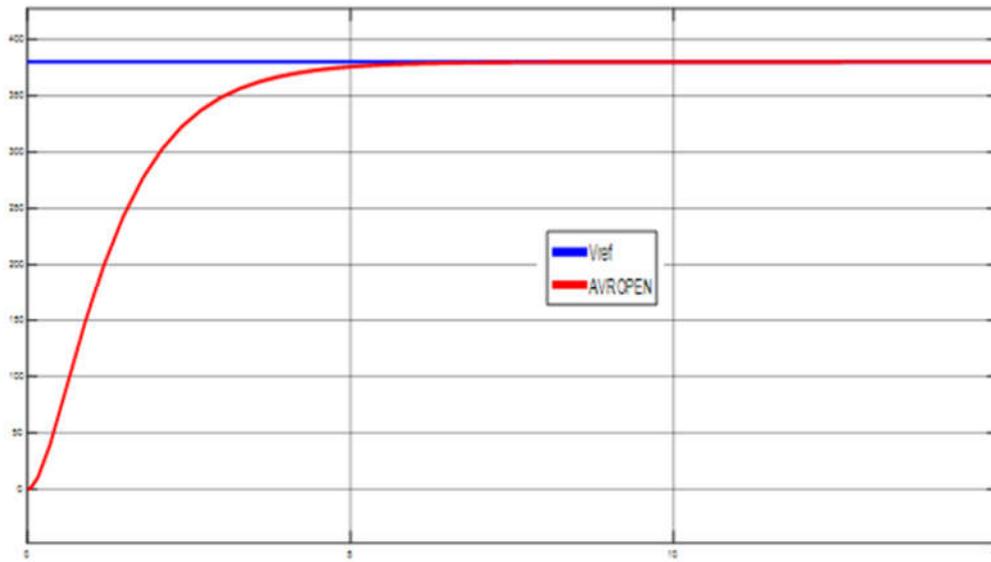
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Model Sistem AVR

Berikut ini penjelasan tahapan dalam pemodelan rangkaian generator tiga fasa pada *simulink* matlab yang dimana terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *exciter*, dan generator. Sistem *Open loop* yang menghubungkan tegangan terminal dan tegangan referensi pada diagram blok berikut:



Gambar 4. diagram blok sistem AVR sederhana

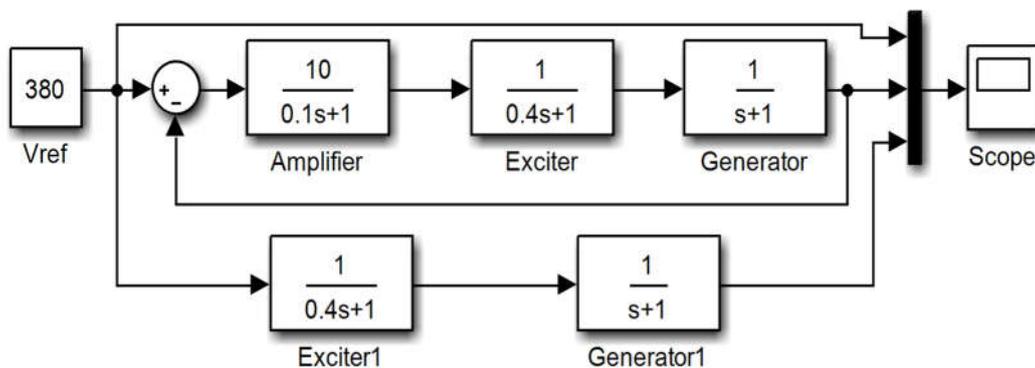


Gambar 5. Respon sistem pada AVR sederhana

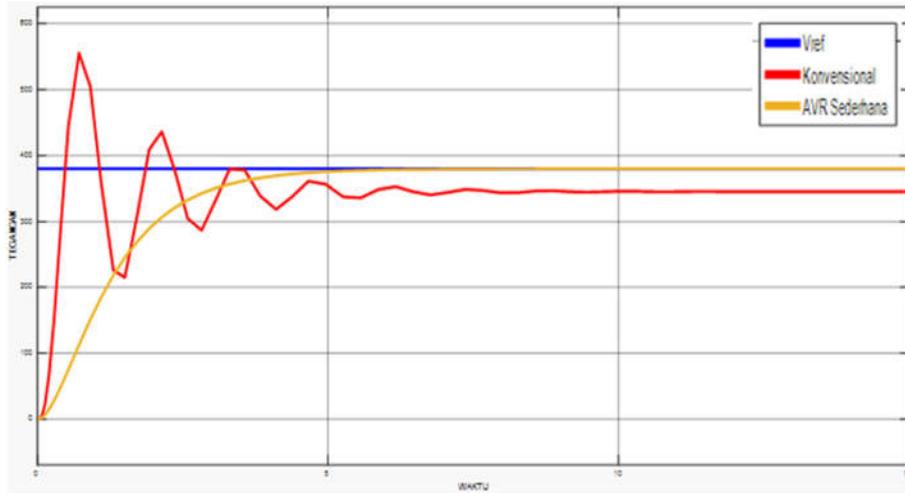
Gambar 5. menunjukkan respon simulasi AVR yang telah diproses dengan tegangan referensi 380V, sehingga didapatkan nilai respon pada *delay time* (t_d) 1,129s, *rise time* (t_r) 2,469s, *peak time* (t_p) 5,039s, *settling time* (τ_s) 4,427s, *max overshoot* (M_p) 0% dan untuk *error steady state* 0%.

3.2. Diagram AVR konvensional

Pada rangkaian sistem AVR konvensional merupakan gabungan dari rangkaian sistem AVR sederhana yang dimana terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *amplifier*, *exciter*, dan generator seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Diagram blok sistem AVR sederhana dan konvensional



Gambar 7. Uji respon AVR sederhana dan konvensional

Pada Gambar 6 merupakan rangkaian gabungan antara rangkaian AVR konvensional dan rangkaian AVR sederhana dengan tegangan referensi 380V. Setelah rangkaian diproses hasil yang didapatkan seperti pada Gambar 7 adalah respon kendali rangkaian AVR sederhana/ *open* yang dihasilkan memiliki respon waktu yang lambat (5,039s) dan tidak terdapat *overshoot*, sedangkan konvensional memiliki respon waktu yang cepat (0,7157s) dan terdapat *overshoot* yang tinggi. Maka hasil respon dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Respon sistem AVR sederhana dan konvensional

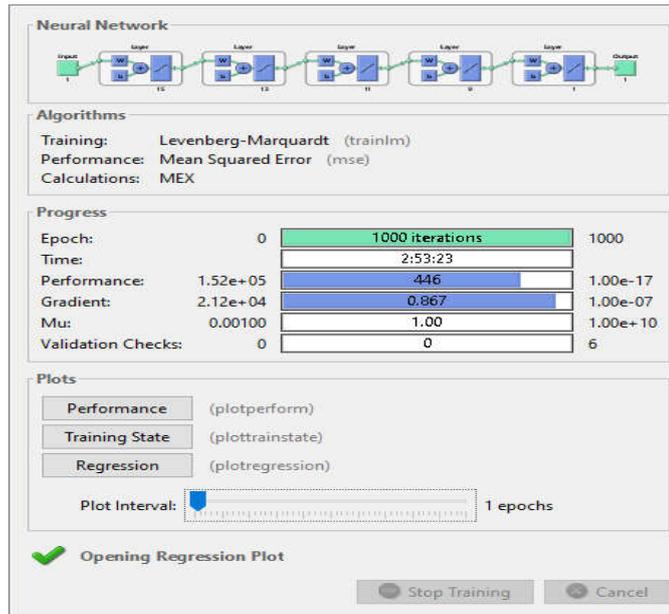
Respon sistem	AVR sederhana	konvensional
Delay time	1,129s	0,3035s
Rise Time	2,469s	0,2694s
Peak Time	5,039s	0,7157s
Settling Time	4,427s	0,3571s
Max Overshoot	0%	62,79%
Error Steady State	0%	10%
Steady State	380V	345.4V

3.3. Training neural network (NN)

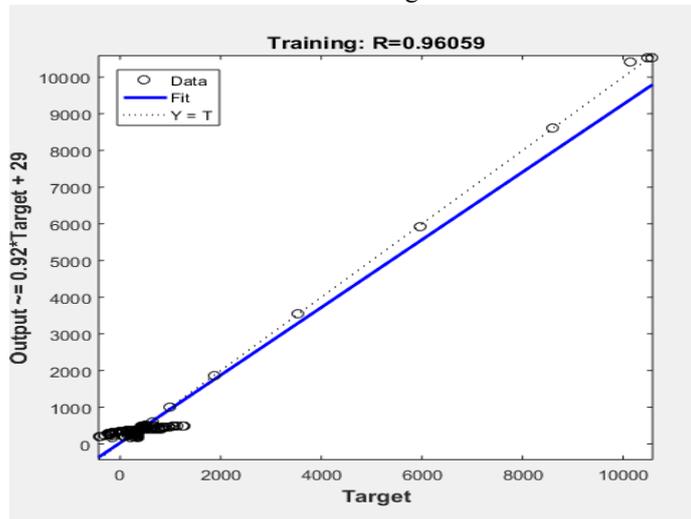
Dalam perancangan rangkaian NN menggunakan data input untuk melakukan proses pelatihan JST, pada rangkaian berikut menggunakan kontrol PID yang dimana nilai input dan outputnya menggunakan *blok to workspace*. Adapun nilai PID didapatkan *trial n'error* menggunakan *PID tuning tools* sehingga nilai yang diterapkan sebagai berikut:

- Proportional (P) = 1.31140613430104
- Integral (I) = 1.13063680216433
- Derivative (D) = 0.217382233235132

Kemudian data input dan output yang telah didapatkan akan digunakan sebagai *training* data untuk NN. Pada jaringan terdiri dari 15 dan 13 lapisan tersembunyi dan 11, 9, 1 jumlah sel neuron dilapisan tersebut ditentukan secara acak sampai mendapatkan hasil pelatihan yang optimal. Fungsi aktivasi yang digunakan untuk *backpropagation* dalam fungsi *tansig* dan *purelin*. NN ini menggunakan *Levenberg Marquardt* untuk algoritma pelatihannya, lalu *mean squared error* (MSE) untuk pengecekan *performance*, kemudian pada progresnya pelatihan berhenti dengan iterasi 1000 pada waktu 2 jam 53 menit 23 detik.



Gambar 8. Proses Pengolahan Data

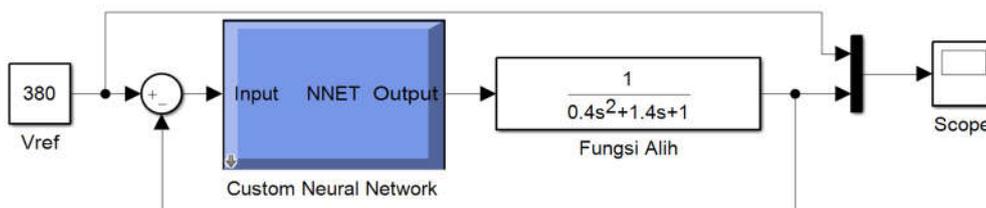


Gambar 9. Training Regression (Plotregression)

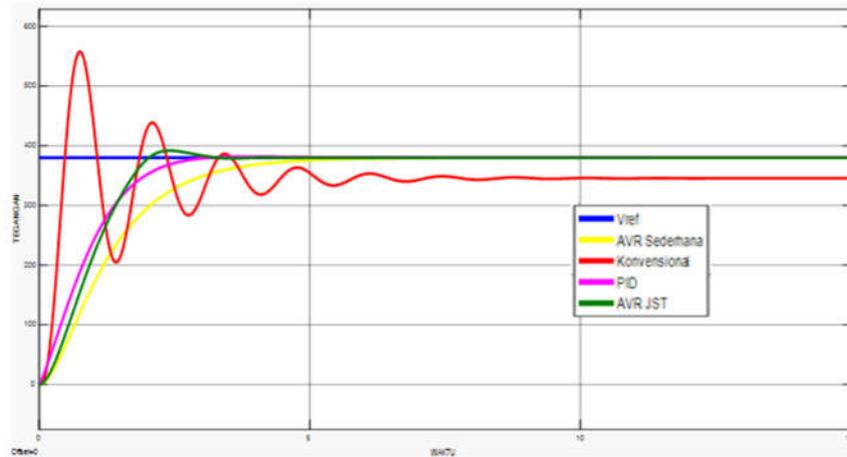
Untuk melihat hasil dari pelatihan dapat dilihat pada plot *regression*. Nilai regresi digunakan untuk mengukur korelasi antara target dan *output*, regresi bernilai satu mempunyai arti bahwa target dan *output* memiliki korelasi yang sangat dekat. Pada Gambar 9. yaitu hasil regresi dari pelatihan NN menunjukkan data yang dilatih menyerupai garis fit. Dapat dilihat juga bahwa nilai *training* sebesar 0.96059 hal ini yang berarti nilai mendekati 1 dan dapat dikatakan pelatihan ini berhasil, karena regresi yang bernilai satu yang mendekati korelasi antara target dan *output*.

3.4. Pengujian NN tanpa beban

Selanjutnya menjalankan simulasi AVR dengan menggunakan kontrol NN. Seperti pada Gambar 4.11 berikut:



Gambar 10. Diagram Blok Sistem Kendali NN



Gambar 11. Efek pemilihan jenis *switching* dalam kondisi dinamis

Pada Gambar 10. merupakan hasil dari proses pengolahan data NN dengan data yang sudah ada sebelumnya. Setelah rangkaian diproses hasil yang didapat seperti pada Gambar 11., dengan tegangan referensi 380V dan terdapat *overshoot* pada waktu 2,456s, dan adanya usaha perbaikan respon tegangan kembali ke *steady state* 380V.

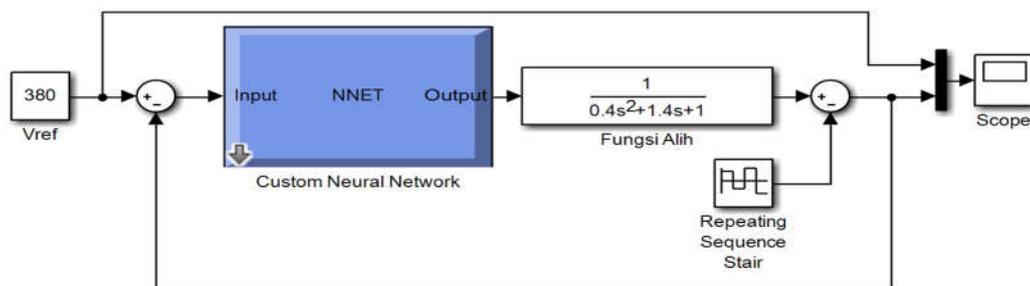
Tabel 2. Respon pengujian rangkaian

Respon Sistem	AVR Sederhana	Konvensional	PID	NN
<i>Delay Time</i>	1,129s	0,3035s	0,7565s	0,8947s
<i>Rise Time</i>	2,469s	0,2694s	1,666s	1,686s
<i>Peak Time</i>	5,039s	0,7157s	3,699s	2,456s
<i>Settling Time</i>	4,427s	0,3571s	2,555s	1,354s
<i>Max Overshoot</i>	0%	62,79%	0%	103,2%
<i>Error Steady State</i>	0%	10%	0%	-0,026%
<i>Steady State</i>	380V	345.4V	380V	380,1V

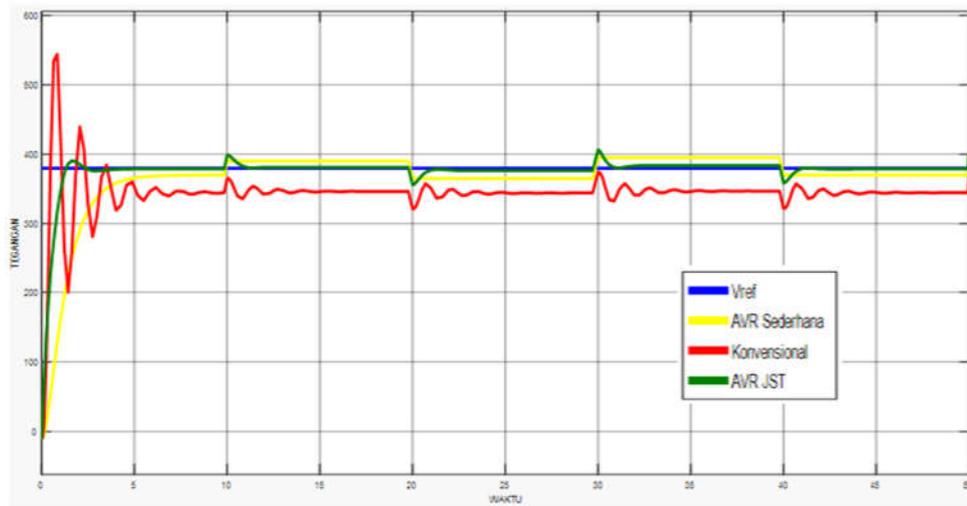
Pada Tabel 2. dimana respon kendali rangkaian AVR sederhana/ *open* yang dihasilkan memiliki respon waktu yang lambat (5,039s) dan tidak terdapat *overshoot*, sedangkan konvensional memiliki respon waktu yang cepat (0,7157s) dan terdapat *overshoot* yang tinggi. Sedangkan menggunakan PID didapatkan nilai respon pada *delay time* (t_d) 0,7565s, *rise time* (t_r) 1,666s, *peak time* (t_p) 3,699s, *settling time* (t_s) 2,555s, *max overshoot* (M_p) 0% dan untuk *error steady state* 0%. Namun dengan menggunakan *neural network* (NN) memiliki keunggulan tersendiri dibandingkan ketiga metode yaitu pada *delay time* (t_d) 0,8947s, *rise time* (t_r) 1,686s, *peak time* (t_p) 2,456s, *settling time* (t_s) 1,354s, *max overshoot* (M_p) 103,2% dan untuk *error steady state* -0,026%, serta *Steady State* 380,1 V.

3.5. Pengujian NN dengan beban

Pada tahap ini dilakukan perbandingan respon sistem kendali dengan berbeban bertujuan untuk mengetahui karakteristik respon pada sistem yang dihasilkan. Pada proses ini menggunakan tegangan referensi 380V, dengan beban yang diberikan sebesar 10, -10, 15, dan -15 bertujuan untuk mengetahui karakteristik respon sistem yang dihasilkan. Beban yang diberikan berupa *step* yang diberikan pada $t = 10s$ untuk beban 10, $t = 20s$ untuk beban -10, $t = 30s$ untuk beban 15, dan $t = 40s$ untuk beban -15. Hasil perbandingannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Efek pemilihan jenis *switching* dalam kondisi dinamis



Gambar 13. Efek pemilihan jenis *switching* dalam kondisi dinamis

Dapat dilihat pada Gambar 13. Tahap AVR diberikan beban, dimana respon ketiga kendali memiliki selisih *steady state* yang kecil. Pada waktu 10s untuk beban 10, respon terjadi *overshoot* dan selang berapa detik adanya usaha perbaikan respon kendali. Dari ketiga respon kendali, respon NN lebih baik dibandingkan dengan konvensional. Sedangkan respon AVR sederhana tidak ada perbaikan respon ketika di beri beban karena, rangkaian AVR sederhana merupakan rangkaian *open loop*, sedangkan konvensional dan AVR NN merupakan rangkaian *close loop*.

Tabel 3. respon sistem kendali AVR sederhana

Beban	Steady State	Error Steady State
10V	390V	-2,564%
-10V	365V	4,109%
15V	395V	-3,797%
-15V	370V	2,702%

Tabel 3. ialah respon kendali AVR sederhana memiliki selisih *steady state* yang standar. Pada waktu 10s untuk beban 10 dan 15 V, respon terjadi *overshoot* dan selang berapa detik tidak ada perbaikan respon ketika di beri beban karena, rangkaian AVR sederhana merupakan rangkaian *open loop*.

Tabel 4. respon sistem kendali Konvensional

Beban	Steady State	Error Steady State
10V	346,4V	9,699%
-10V	344V	10,465%
15V	346,9V	9,541%
-15V	344,6V	10,272%

Tabel 4. ialah kendali konvensional memiliki selisih *steady state* yang kecil. Pada waktu 10s untuk beban 10 dan 15 V, respon terjadi *overshoot* dan selang berapa detik adanya usaha perbaikan respon kendali dengan rangkain *close loop*.

Tabel 5. respon sistem kendali NN

Beban	Steady State	Error Steady State
10V	380,9V	-0,236%
-10V	376,3V	0,983%
15V	383,7V	-0,964%
-15V	378,8V	0,316%

Sedangkan pada Tabel 5. respon kendali, respon NN dengan rangkaian *close loop* terdapat selisih *steady state* yang standar. Pada waktu 10s untuk beban 10 dan 15 V, respon terjadi *overshoot* dan selang berapa detik ada perbaikan respon ketika di beri beban. Maka dapat disimpulkan dari hasil penelitian Kontrol Tegangan Pada Terminal Generator Menggunakan AVR Berbasis *Neural Network* bahwa rangkaian NN lebih baik dibandingkan dengan rangkaian AVR sederhana dan konvensional.

4. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan dari penelitian yang dilakukan bahwa Sistem AVR sederhana menunjukkan respon simulasi AVR yang telah diproses dengan tegangan referensi 380V, sehingga didapatkan nilai respon pada *delay time* (t_d) 1,129s, *rise time* (t_r) 2,469s, *peak time* (t_p) 5,039s, *settling time* (τ_s) 4,427s, *max overshoot* (M_p) 0% dan untuk *error steady state* 0%. AVR sederhana diperoleh respon tidak terdapat *overshoot* dan respon waktunya lebih lambat pada waktu 5,039s. Sedangkan respon *transient* kendali konvensional terdapat *overshoot* yang tinggi dan respon waktunya 0,715s lebih cepat dibandingkan dengan rangkaian AVR sederhana. Selanjutnya Perbandingan uji respon NN tanpa beban diberikan tegangan V_{ref} 380V maka hasil yang didapatkan *overshoot* pada waktu 2,456s, dan adanya usaha perbaikan respon tegangan kembali ke V_{ref} . Tahap AVR diberikan beban, dimana respon ketiga kendali memiliki selisih *steady state* yang kecil. Pada waktu 10s untuk beban 10, respon terjadi *overshoot* dan selang berapa detik adanya usaha perbaikan respon kendali. Dari ketiga respon kendali, respon NN lebih baik dibandingkan dengan konvensional. Sedangkan respon AVR sederhana tidak ada perbaikan respon ketika di beri beban karena, rangkaian AVR sederhana merupakan rangkaian *open loop*, sedangkan konvensional dan NN merupakan rangkaian *close loop*. Maka hasil dari penelitian Kontrol Tegangan Pada Terminal Generator Menggunakan AVR Berbasis *Neural Network* bahwa rangkaian NN lebih baik dibandingkan dengan rangkaian AVR sederhana dan konvensional.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nurdin, A. Azis, and R. A. Rozal, "Peranan Automatic Voltage Regulator Sebagai Pengendali Tegangan Generator Sinkron," *J. Ampere*, vol. 3, no. 1, p. 163, 2018.
- [2] I. Priyadi, "Analisis Pengaruh Eksitasi Terhadap Efek Harmonisa Pada Hubungan Belitan Generator Sinkron Dengan Beban LHE," *J. Ilmiah Bid. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 40–44, 2012.
- [3] Stephen J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*. 2012.
- [4] Taylor, *Synchronous Generators Second Edition By Ion Boldea*. 2016.
- [5] A. B. D. A. Alam and N. Taryana, "Pemodelan dan Simulasi Automatic Voltage Regulator untuk Generator Sinkron 3 kVA Berbasis Proportional Integral," *J. Reka Elkomika*, vol. 3, no. 2, pp. 97–110, 2015.
- [6] T. Rahmawati, "Penerapan Metode Elman Recurrent Neural Network Dan Principal Component Analysis (Pca) Untuk Peramalan Konsumsi Listrik the," *Ugm*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [7] S. Suwarni and A. M. Prasetya, "Pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa dengan direct torque control menggunakan jaringan saraf tiruan," *J. Eltek*, vol. 20, no. 2, p. 24, 2022.
- [8] R. Riyanda, A. H. H. Pardede, and R. Saragih, "Jaringan Syaraf Tiruan Memprediksi Kebutuhan Obat-Obatan Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus : UPTD Puskesmas Bahorok)," *Semin. Nas. Inform.*, pp. 47–55, 2021.
- [9] A. L. Unihehu and I. Suharjo, "The Klasifikasi Jenis Ikan Berbasis Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (PCA)," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 27–32, 2021.
- [10] E. D. Handoyo and L. W. Susanto, "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan metode Propagasi Balik Dalam Pengenalan Tulisan Tangan Huruf Jepang Jenis Hiragana dan Katakana," *Informatika*, vol. 7, no. 1, pp. 1–112, 2011.
- [11] D. H. Tanjung, "Jaringan Saraf Tiruan dengan Backpropagation untuk Memprediksi Penyakit Asma," *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 2, no. 1, p. 28, 2015.
- [12] N. Nurmila, A. Sugiharto, and E. A. Sarwoko, "Algoritma Back Propagation Neural Network Untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa," *J. Masy. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2010.
- [13] M. Fajar, "Peramalan Produksi Cabai Rawit Dengan Neural Network," no. August, pp. 1–10, 2017.
- [14] J. Feng and S. Lu, "Performance Analysis of Various Activation Functions in Artificial Neural Networks," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1237, no. 2, 2019.
- [15] G. Dewantoro and J. N. Sukanto, "Implementasi Kendali PID Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation," *Elkha*, vol. 11, no. 1, p. 12, 2019.