

Implementasi DVR pada Saluran Distribusi Penyulang Pujon dengan Kompensasi Tegangan Dip

Arief Trisno Eko Suryo¹, Wijono², Bambang Siswojo³

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang¹

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya Malang³

*arieftrisnoes@gmail.com¹, wijono@ub.ac.id², bsiswoyo@ub.ac.id³

ABSTRACT

This paper discusses on the DVR used at Pujon power line for voltage Dip compensation. The voltage Dip is often cause by Single line-to-ground fault. The voltage Dip can initiate a power line tripping and cause damage to the load equipment, which must be avoided. DVR is used to overcome the voltage Dip. In this research, the ANN control method was proposed to regulate DVR operation. Simulated results show that the application of a DVR can improve a voltage drop from originally 50%-70% to 97%.

Keywords : DVR, Voltage Dip, Single Line-to-Ground Fault, ANN Control

INTISARI

Makalah ini membahas tentang DVR yang digunakan pada saluran listrik Pujon untuk kompensasi tegangan Dip. Tegangan Dip sering disebabkan oleh gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Tegangan Dip dapat menyebabkan terputusnya aliran listrik dan menyebabkan kerusakan pada peralatan beban, yang harus dihindari. DVR digunakan untuk mengatasi penurunan tegangan. Pada penelitian ini, metode kontrol ANN diusulkan untuk mengatur pengoperasian DVR. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan DVR dapat memperbaiki penurunan tegangan dari awalnya 50%-70% menjadi 97%.

Kata kunci: DVR, Tegangan Dip, Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah, Kontrol ANN

I. PENDAHULUAN

Penelitian ini membahas tentang implementasi DVR pada saluran distribusi penyulang Pujon untuk mengatasi permasalahan tegangan Dip. Tegangan Dip menjadi permasalahan yang semakin hari semakin meningkat dalam sistem distribusi saluran penyulang Pujon[1]. Tegangan Dip didefinisikan sebagai penurunan tegangan RMS antara 10% hingga 90% dari tegangan nominal sistem dengan durasi 0.5 cycle hingga 1 menit[2]. Tegangan Dip menyebabkan peralatan beban industri penyulang Pujon mengalami kerusakan beban dan kegagalan sistem[3]. Tegangan Dip penyebabnya seringkali terjadi akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, yang mana tegangan beban Pujon dapat dijaga dengan menggunakan kompensasi[4].

Kompensasi tegangan Dip menggunakan implementasi *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) pada

saluran penyulang Pujon untuk memperbaiki penurunan tegangan beban. DVR Dipilih karena lebih unggul dibandingkan UPS, D-STATCOM, UPFC, dan SVC[5]. Implementasi DVR mendeteksi tegangan Dip dengan performansi *controller* yang digunakan.

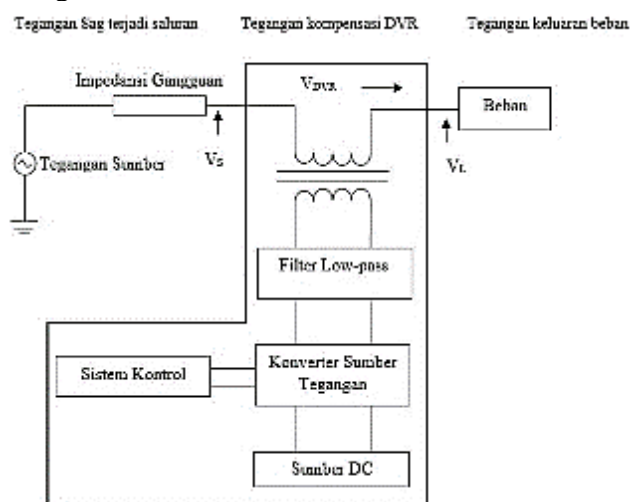
Penelitian ini mendiskusikan kompensasi tegangan Dip dari gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Gangguan tersebut memberikan dampak penurunan tegangan pada fasa lainnya dikarenakan peningkatan impedansi *zero sequence*. Peningkatan impedansi *zero sequence* disebabkan dari terjadinya impedansi gangguan pada jaringan distribusi, sehingga membuat kompensasi tegangan Dip sulit dicapai. Solusi yang diusulkan menggunakan metode kontrol *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mengatur kompensasi tegangan Dip[6]. Kontrol ANN akan diletakkan dalam kontrol Hysteresis yang berfungsi sebagai pendeteksi tegangan Dip[7]. Kontrol ANN

dalam DVR diharapkan dapat mengkompensasi tegangan Dip dari gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah pada saluran penyulang Pujon.

II. LANDASAN TEORI

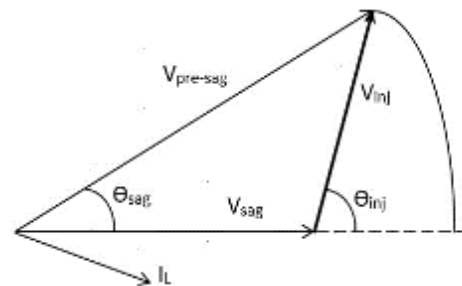
A. Implementasi Dynamic Voltage restorer (DVR)

Implementasi DVR dirangkai secara seri pada saluran penyulang Pujon untuk menjaga beban terhadap penurunan tegangan akibat tegangan Dip. DVR berfungsi untuk mengkompensasi tegangan Dip yang terjadi pada saluran sistem distribusi. DVR dibagi menjadi 2 yaitu kontrol sirkuit dan dan sirkuit daya. Kontrol sirkuit mengatur parameter dari hasil saluran sistem, yang mana sebagai pengendali kapan terjadinya dan seberapa besar kompensasi tegangan Dip tersebut. Kontrol sirkuit menghasilkan sinyal kendali untuk mengkompensasi tegangan dari injeksi pada sirkuit daya. DVR yang diletakkan dalam sistem sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Dynamic Voltage Restorer (DVR)[8].

DVR mempunyai komponen penyusun yaitu *Transformer Step-up*, *low-pass filter*, *Voltage source Converter (VSC)*, rangkaian kontrol dan sumber DC. DVR yang digunakan akan berdasarkan teknik *pre-Dip* untuk kompensasi tegangan Dip. Teknik *pre-Dip* bekerja dengan menyimpan tegangan pada fasa dan magnitude yang sama dari tegangan nominal, yang mana akan mengkompensasi perbedaan antara tegangan *pre-Dip* dan tegangan Dip yang terjadi[9].



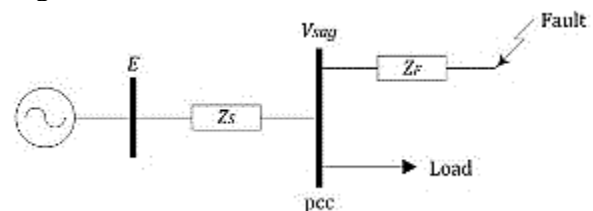
Gambar 2. Kompensasi Teknik *Pre-Dip*[9].

V_{inj} merupakan tegangan injeksi DVR, yang mana dari gambar 2 Diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$V_{inj} = V_{pre-sag} - V_{sag} \quad (1)$$

B. Kompensasi Tegangan Dip

Kompensasi tegangan Dip diawali terjadinya penurunan tegangan RMS dalam waktu singkat. Tegangan Dip yang diakibatkan gangguan tidak seimbang membuat *tripping* peralatan beban[10]. Skema tegangan Dip pada sistem distribusi yaitu sebagai berikut.



Gambar 3. Tegangan Dip pada Sistem Distribusi[11]

Tegangan Dip pada sistem distribusi terjadi dengan gangguan berada di Z_f . Tegangan Dip ditentukan dengan rangkaian pembagi tegangan dari nilai tegangan Dip pada *Poin-of-Common Coupling (PCC)*[11].

$$V_{dip} = \frac{Z_f}{Z_f + Z_s} \cdot E \quad (2)$$

V_{Dip} merupakan tegangan Dip dari gangguan hubung singkat pada PCC, E merupakan tegangan sumber, Z_f yaitu impedansi gangguan dan Z_s sebagai impedansi sumber.

III. METODE PENELITIAN

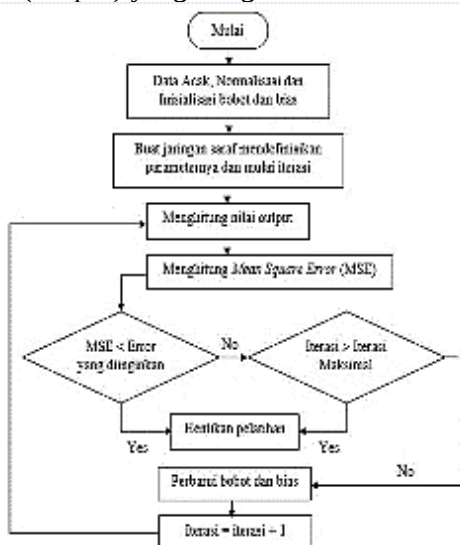
Metode kontrol ANN diusulkan dalam meningkatkan kinerja DVR untuk kompensasi tegangan Dip. Kontrol ANN dalam kontrol Hysteresis digunakan untuk deteksi dan mengatur kompensasi tegangan Dip. Simulasi Matlab-R2018b digunakan untuk memvalidasi implemmentasi DVR pada saluran penyulang Pujon. Tegangan Dip disimulasikan dari gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah.

A. Kontrol Artificial Neural Network (ANN)

Kontrol ANN digunakan untuk menentukan kompensasi tegangan Dip secara *real time* dari tegangan *error* hasil deteksi kontrol Hysteresis. Tegangan *error* didapatkan dari hasil perbandingan tegangan referensi sistem dalam kondisi normal dengan tegangan beban Pujon secara *real time*. Tegangan *error* digunakan sebagai data pelatihan ANN untuk menemukan model yang sesuai dengan sistem distribusi. Data terdiri dari *input* dan *target* sebanyak 20.000 *sample* data, yang mana data dibagi menjadi 3 sub antara lain 70% sebagai data *Training*, 15% sebagai data *Testing* dan 15% untuk data *validating*. ANN kinerjanya akan diukur dari *mean-square error* model sistem yaitu sebagai berikut.

$$e = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \|y^{(i)} - v^{(i)}\|^2 \quad (3)$$

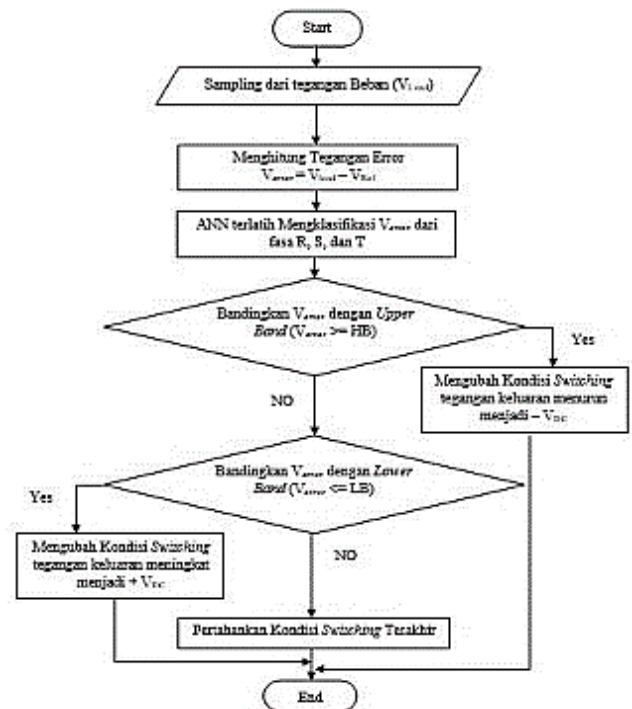
P merupakan jumlah masukan data pelatihan, y disebut sebagai keluaran vektor ANN dan v merupakan keluaran (*Output*) yang diinginkan.



Gambar 4. Pemodelan pelatihan ANN[12].

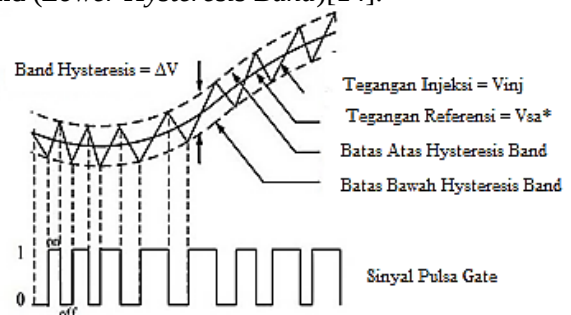
ANN akan menggunakan pelatihan algoritma *Levenberg-Marquardt* (LM), yang mana Dipilih karena memiliki tingkat efisiensi dalam hal akurasi tinggi dan konvergensi tinggi[13].

Skema rangkaian kontrol ANN yang digunakan dalam implementasi DVR adalah sebagai berikut.



Gambar 5. Rancangan kontrol ANN dalam Hysteresis pada DVR.

Kontrol ANN yang telah dilatih dan akan menjadi model blok sistem, yang mana keluaran ANN terlatih akan dikonversi menjadi sinyal pulsa untuk mengatur kompensasi tegangan Dip pada VSI dalam DVR. Sinyal pulsa dibentuk dari Batas Atas Hysteresis Band (*Upper Hysteresis Band*) dan batas bawah Hysteresis band (*Lower Hysteresis Band*)[14].

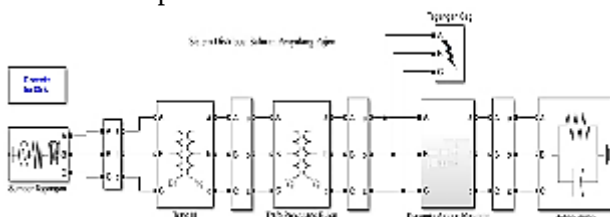


Gambar 6. Operasi kontrol Hysteresis sistem[6]

Penurunan tegangan yang terjadi akibat tegangan Dip akan diatur dari kontrol ANN dan Hysteresis, yang mana berdasarkan waktu dan besarnya tegangan Dip yang terjadi[1]. Selanjutnya pengaturan tersebut membuat DVR dapat mengkompensasi tegangan Dip.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kompensasi tegangan Dip disimulasikan pada saluran penyalang Pujon dengan implemetasi DVR. Berikut ditampilkan simulasi sistem secara keseluruhan.



Gambar 7. Simulasi keseluruhan Sistem penyalang Pujon dengan Implementasi DVR.

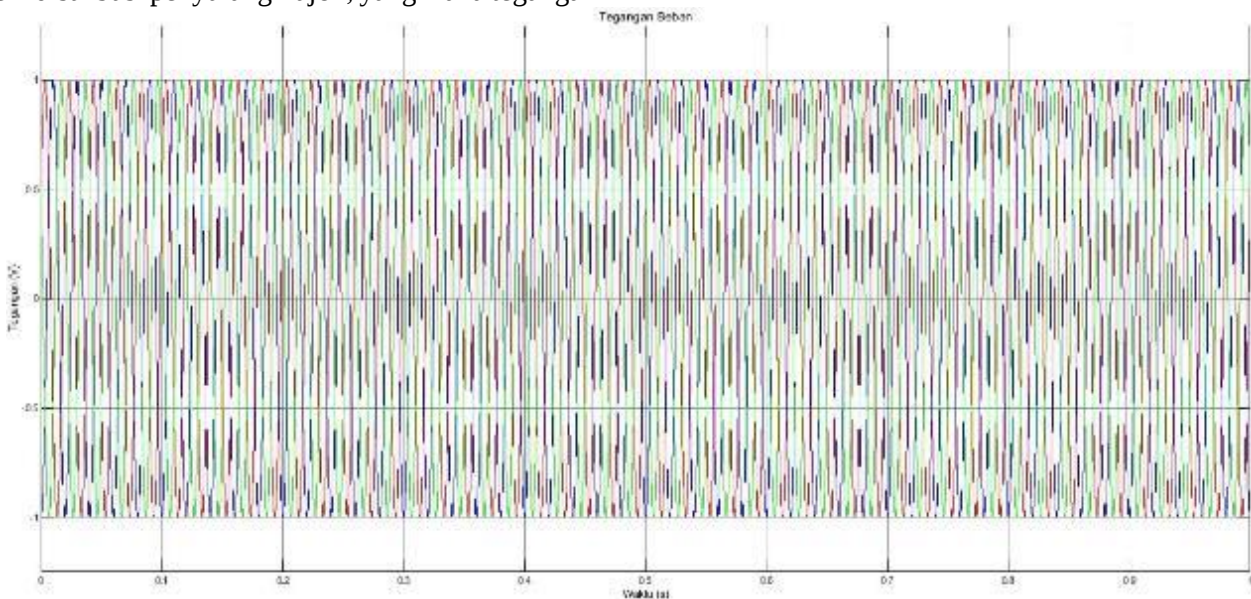
Gambar 7 merupakan Implementasi DVR pada sistem distribusi penyalang Pujon, yang mana tegangan

Dip disimulasikan terjadi pada saluran tersebut. Tegangan pada saluran penyalang Pujon dalam kondisi normal yaitu sebagai berikut.

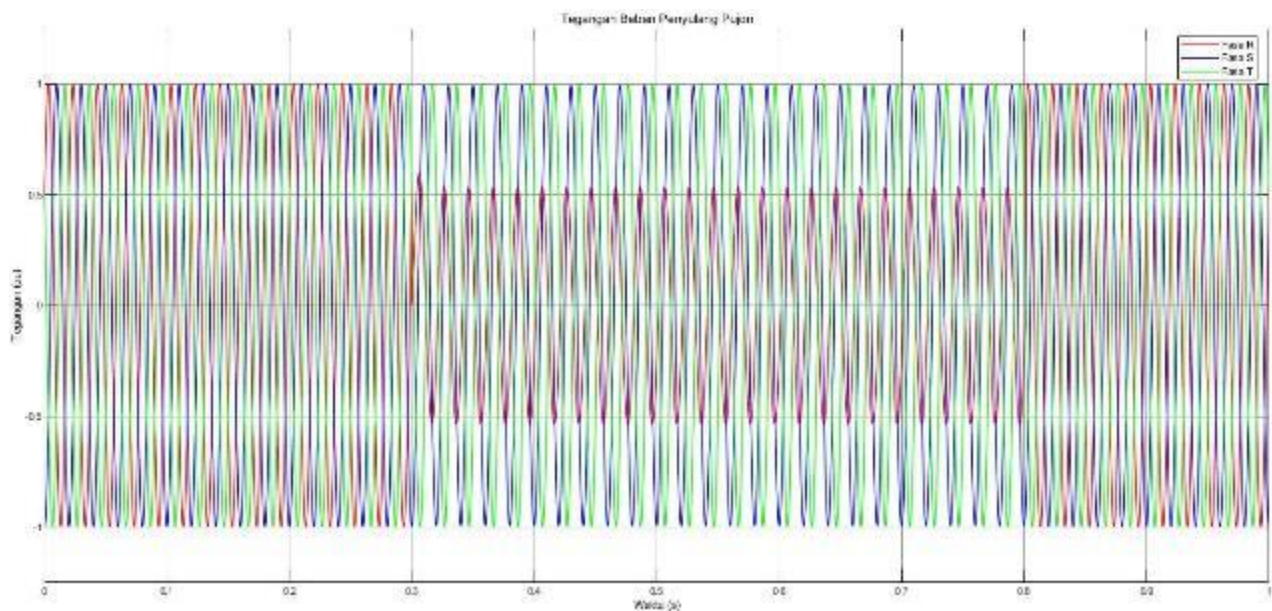
Gambar 8 menampilkan kondisi tegangan beban pujan normal tanpa adanya gangguan, yang mana besarnya tegangan beban 1 pu atau dalam tegangan *real* sistem sebesar 20 kV.

Kasus 1 disimulasikan dengan kondisi beban pada saat tegangan Dip terjadi akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 50%. Impedansi gangguan yang terjadi sebesar 2.8 ohm dengan durasi waktu terjadinya tegangan Dip 0.3 detik – 0.8 detik.

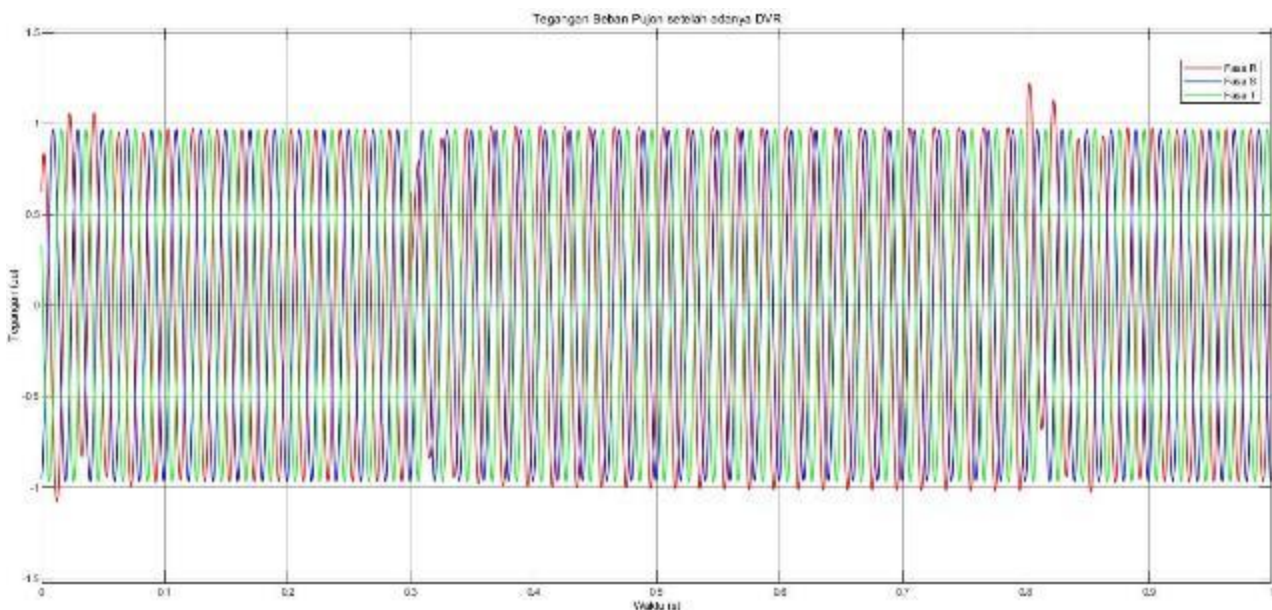
Gambar 9 menampilkan tegangan beban pada fasa R mengalami tegangan Dip sebesar 0.536 pu atau dalam tegangan *real* sistem besarnya 10.741 kV. Sebelum DVR diimplementasikan tegangan beban akan turun dan dapat mengakibatkan kerusakan peralatan beban yang sensitif terhadap perubahan tegangan tersebut. Berikutnya merupakan kondisi setelah adanya implementasi DVR pada saluran pujan tegangan beban sebagai berikut.



Gambar 8. Tegangan beban Pujon kondisi normal tanpa gangguan.



Gambar 9. Tegangan Beban Pujon mengalami Tegangan Dip 50% pada sistem.



Gambar 10. Tegangan Beban Pujon setelah Implementasi DVR pada saluran dari Tegangan Dip 50%.

Gambar 10 menampilkan implementasi DVR pada saluran penyulang Pujon tegangan beban dapat dikompensasi dari tegangan Dip yang terjadi sebesar 0.968 pu atau dalam tegangan *real* sistem besarnya 19.364 kV. Implementasi DVR menggunakan kontrol ANN mampu mengkompensasi tegangan Dip secara tepat tanpa terjadi kesalahan injeksi sistem. Tegangan

beban mendapatkan kembali keseimbangan tegangan sistem yang pulih mendekati kondisi normal. Implementasi DVR dapat menjaga tegangan beban dari penurunan tegangan akibat tegangan Dip.

Kasus 2 disimulasikan dengan kondisi beban pada saat tegangan Dip terjadi akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 60%. Impedansi

gangguan yang terjadi sebesar 3.4 ohm dengan durasi waktu terjadinya tegangan Dip 0.3 detik – 0.8 detik.

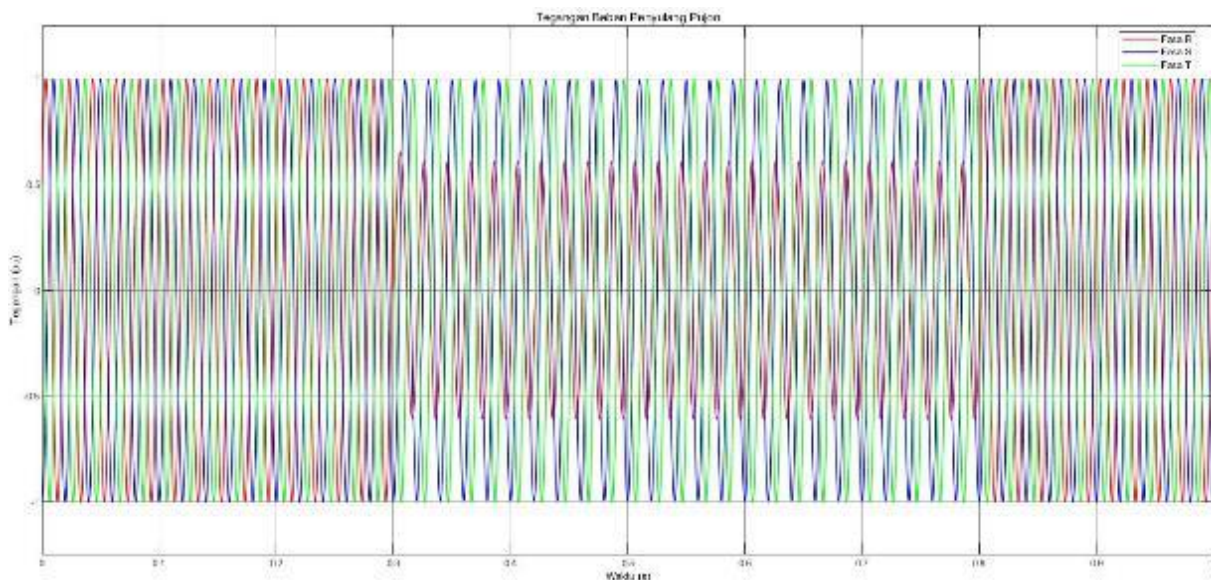
Gambar 11 menampilkan tegangan beban pada fasa R yang mengalami tegangan Dip sebesar 0.609 pu atau dalam tegangan *real* sistem besarnya 12.175 kV. Sebelum implementasi DVR tegangan beban akan turun dan dapat mengakibatkan kerusakan peralatan beban yang sensitif terhadap perubahan tegangan. Berikutnya merupakan kondisi setelah adanya DVR pada saluran Pujon tegangan beban sebagai berikut.

Gambar 12 menampilkan implementasi DVR pada saluran penyulang Pujon tegangan beban dapat dikompensasi dari tegangan Dip yang terjadi sebesar 0.9681 pu atau dalam tegangan *real* sistem besarnya 19.363 kV. Implementasi DVR menggunakan kontrol ANN mampu mengkompensasi tegangan Dip secara tepat tanpa terjadi kesalahan injeksi sistem. Tegangan beban mendapatkan kembali keseimbangan tegangan

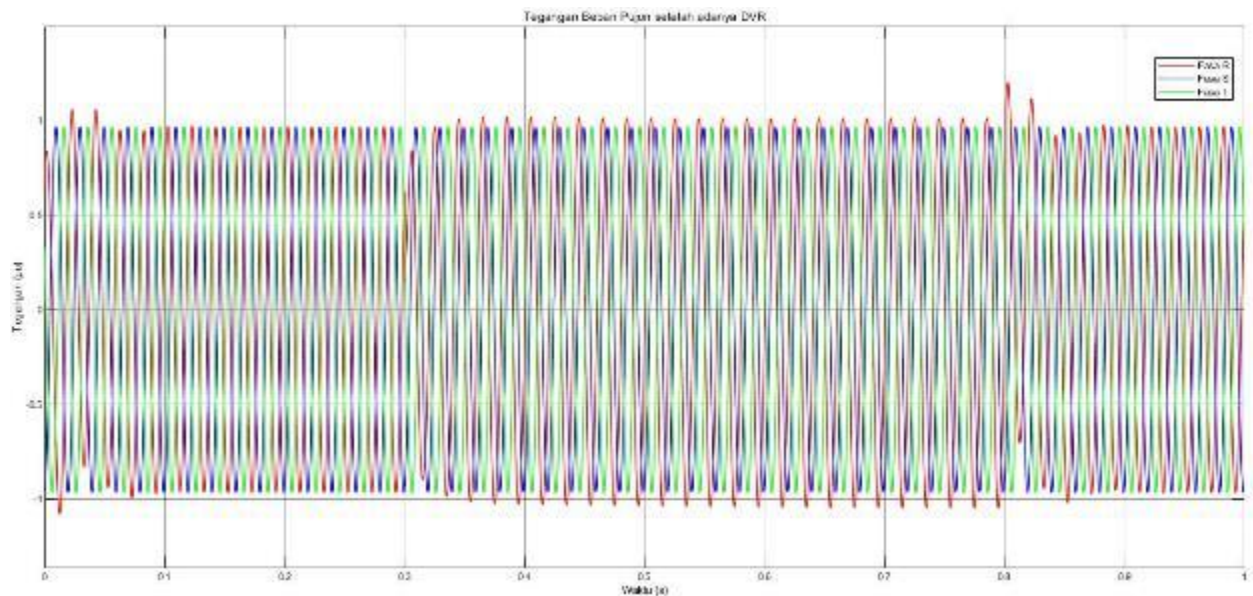
sistem yang pulih mendekati normal. Implementasi DVR dapat menjaga tegangan beban dari penurunan tegangan akibat tegangan Dip.

Kasus 3 disimulasikan dengan kondisi beban pada saat tegangan Dip terjadi akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah sebesar 70%. Impedansi gangguan yang terjadi sebesar 3.4 ohm dengan durasi waktu terjadinya tegangan Dip 0.3 detik – 0.8 detik.

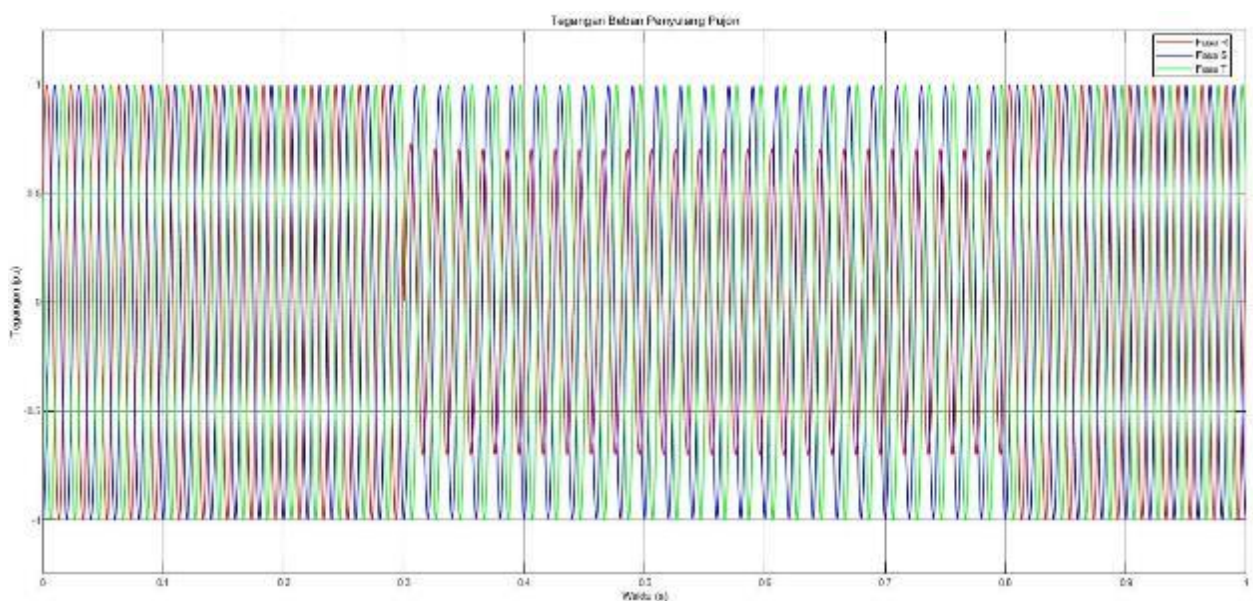
Gambar 13 menampilkan tegangan beban pada fasa R mengalami tegangan Dip sebesar 0.702 pu atau dalam tegangan *real* sistem besarnya 14.045 kV. Sebelum implementasi DVR tegangan beban mengalami penurunan dan dapat mengakibatkan kerusakan peralatan beban yang sensitif terhadap perubahan tegangan. Berikutnya merupakan kondisi setelah adanya implementasi DVR pada saluran pujon dengan tegangan beban sebagai berikut.



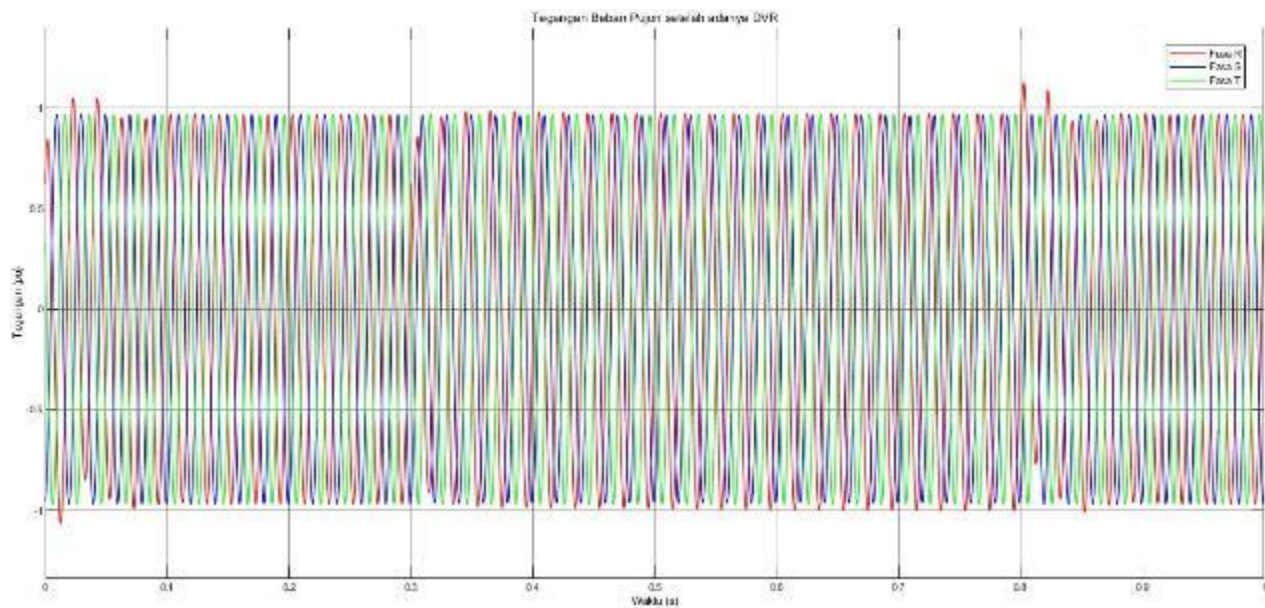
Gambar 11. Tegangan Beban Pujon mengalami Tegangan Dip 60%.



Gambar 12. Tegangan Beban Pujon setelah Implementasi DVR pada saluran dari Tegangan Dip 60%.



Gambar 13. Tegangan Beban Pujon mengalami Tegangan Dip 70%



Gambar 14. Tegangan Busbar Pujon setelah Implementasi DVR pada saluran dari Tegangan Dip 70%.

Gambar 14 menampilkan implementasi DVR pada saluran penyulang Pujon tegangan beban dapat dikompensasi dari tegangan Dip yang terjadi sebesar 0.972 pu atau dalam tegangan *real* sistem besarnya 19.442 kV. Implementasi DVR menggunakan kontrol ANN mampu mengkompensasi tegangan Dip secara tepat tanpa terjadi kesalahan injeksi sistem. Tegangan beban mendapatkan kembali keseimbangan tegangan sistem yang pulih mendekati normal. Implementasi DVR dapat menjaga tegangan beban dari penurunan tegangan akibat tegangan Dip.

V. KESIMPULAN

Implementasi DVR pada saluran penyulang Pujon dengan kompensasi tegangan Dip. implementasi DVR untuk mengkompensasi tegangan Dip yang terjadi akibat gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah. Tegangan Dip mengakibatkan kerusakan peralatan beban, sehingga perlu diatasi. DVR dengan metode kontrol ANN diusulkan untuk mendeteksi dan mengatur kompensasi tegangan beban dalam DVR dengan tetap tanpa mengalami kesalahan injeksi. Implementasi DVR mampu memperbaiki penurunan tegangan pada beban Pujon dari tegangan sag yang terjadi dalam kasus 1 dari tegangan beban 0.536 pu menjadi 0.968 pu, kasus 2 dari tegangan beban 0.609 pu menjadi 0.9681 pu dan kasus 3 dari tegangan beban 0.702 pu menjadi 0.972 pu. Implementasi DVR pada

saluran penyulang Pujon memberikan kompensasi tegangan sag pada beban yang mampu menjaga tegangan beban tanpa terjadi penurunan tegangan.

REFERENSI

- [1] S. K. Singh and S. K. Srivastava, 'Enhancement in power quality using dynamic voltage restorer (DVR) in distribution network', in *2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS)*, Coimbatore, Mar. 2017, pp. 1–5, doi: 10.1109/ICIIECS.2017.8275918.
- [2] 'IEEE Std 1159-1995', Electrical and Electronics Engineers, Inc, Nov. 1995. doi: 10.1109/IEEESTD.1995.79050.
- [3] S. Sabir Hussain Bukhari, S. Atiq, and B. Kwon, 'A Sag Compensator That Eliminates the Possibility of Inrush Current While Powering Transformer-Coupled Loads', *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 5, no. 2, pp. 891–900, Jun. 2017, doi: 10.1109/JESTPE.2017.2654321.
- [4] M. H. J. Bollen, 'Voltage sags in three-phase systems', *IEEE Power Eng. Rev.*, vol. 21, no. 9, pp. 8–11, 15, Sep. 2001, doi: 10.1109/39.948608.
- [5] C. Benachaiba and B. Ferdi, 'Voltage Quality Improvement Using DVR', no. 1, p. 8, 2008.

-
- [6] Snehal. R.Patel and M. D.Solanki, 'Comparision of Proportional Integral and Hysteresis Controllars for Controlling the DVR', presented at the 2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), Tirunelveli, India, May 2018, doi: 10.1109/ICOEI.2018.8553769.
- [7] G. Singh Dua and R. Kaur, 'Enhancement of Power Quality in Distribution Network using DVR', presented at the 2015 Annual IEEE India Conference (INDICON), New Delhi, India, Dec. 2015, doi: 10.1109/INDICON.2015.7443293.
- [8] P. Kumar, 'DYNAMIC VOLTAGE RESTORER FOR VOLTAGE QUALITY IMPROVEMENT', vol. 3, no. 1, p. 12, 2017.
- [9] J. Shaikh and P. Khamparia, 'A Comprehensive Review of Dynamic Voltage Restorer', *Int. J. Eng. Appl. Sci. IJEAS*, vol. 2, no. 3, pp. 87–90, Mar. 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2017.04.013>.
- [10] L. Zhan and M. H. J. Bollen, 'Characteristic of Voltage Dips (Sags) in Power Systems', *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 5, no. 2, pp. 891–900, Oct. 1998, doi: 10.1109/JESTPE.2017.2654321.
- [11] J. Caicedo, F. Navarro, E. Rivas, and F. Santamaria, 'Voltage sag characterization with Matlab/Simulink', in *2012 Workshop on Engineering Applications*, Bogota, Colombia, Mei 2012, pp. 1–6, doi: 10.1109/WEA.2012.6220073.
- [12] Md. S. Haque Sunny, E. Hossain, M. Ahmed, and F. Un-Noor, 'Artificial Neural Network Based Dynamic Voltage Restorer for Improvement of Power Quality', in *2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Portland, OR, Sep. 2018, pp. 5565–5572, doi: 10.1109/ECCE.2018.8558470.
- [13] S. B. Ibrahim, 'Voltage Quality Enhancemant in Distribution system using Artificial Neural Network (ANN) based Dynamic Voltage Restorer', *Niger. J. Technol. NIJOTECH*, vol. 37, no. 1, pp. 184–190, Jan. 2018, doi: 10.4314/njt.v37i1.24.
- [14] F. Zare and A. Nami, 'A New Random Current Control Technique for a Single-Phase Inverter with Bipolar and Unipolar Modulations', presented at the 2007 Power Conversion Conference - Nagoya, Nagoya, Japan, Apr. 2007, doi: 10.1109/PCCON.2007.372961.