

## Sistem Kontrol Dynamic Voltage Restorer Menggunakan Fuzzy Logic Controller Untuk Pemulihan Voltage Sag Di Pt Dian Swastika Sentosa Serang Power Plant

Ceri Ahendyarti<sup>1</sup>, Wahyuni Martiningsih<sup>1</sup>, Reza Hariansyah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

### Informasi Artikel

Naskah Diterima : 15 Nopember 2021

Direvisi : 18 Nopember 2021

Disetujui : 19 Nopember 2021

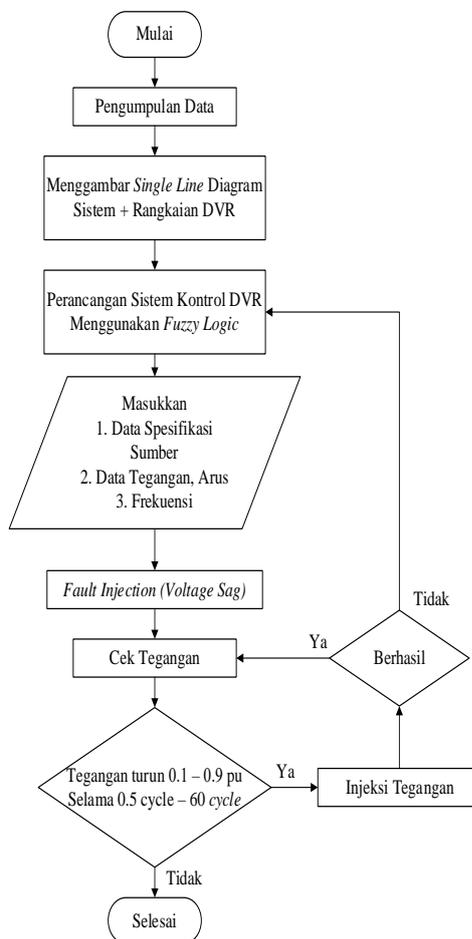
doi: 10.36055/setrum.v10i2.13103

\*Korespondensi Penulis :

ceri.ahend@untirta.ac.id

y\_martiningsih@untirta.ac.id

### Graphical abstract



### Abstract

The more diverse the existing electrical equipment, is also accompanied by the need for a good quality power source. This requires electricity providers to be able to guarantee the quality of electricity received by consumers is in good condition. This is because the poorer the quality of electrical power from an electrical system, the more loss costs will be used to overcome the problems that arise. A good state on the voltage side is when the voltage value is at 1 pu. Voltage flicker is one of the factors causing the reduced quality of electrical power. Voltage sag is a decrease in system voltage with a range of 10-90% in a period of 0.5-60 cycles. Disturbance in the system is impossible to avoid, because the time of occurrence cannot be known with certainty. DVR can be used to anticipate the occurrence of voltage flicker disturbances. DVR is a power electronics converter which is designed to maintain the load voltage from disturbances by injecting voltage from the battery into the system. The control system on this DVR uses a fuzzy logic controller to perform the voltage injection. In this research, modeling of the DVR control system will be carried out to recover the voltage lost due to disturbance from the voltage flicker. Simulations were carried out at an active load of 250 KW and a reactive 40KVAR at the mills unit 6 distribution system of PT Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant with a short circuit fault. The simulation results show that the DVR control system that has been made can perform voltage injection and restore the system voltage to 1 pu ..

**Keywords:** Dynamic Voltage Restorer, Fuzzy Logic Controller

### Abstrak

Semakin beragamnya peralatan listrik yang ada, juga diiringi dengan kebutuhan sumber listrik dengan kualitas yang baik. Hal ini mengharuskan para penyedia listrik untuk dapat menjamin kualitas listrik yang diterima konsumen dalam keadaan baik. Sebab, semakin jelek kualitas daya listrik dari suatu sistem kelistrikan maka akan semakin banyak juga biaya kerugian yang digunakan untuk mengatasi permasalahan – permasalahan yang ditimbulkan. Keadaan yang baik pada sisi tegangan adalah ketika nilai tegangan berada pada 1 pu. Tegangan kedip merupakan salah satu faktor penyebab berkurangnya kualitas daya listrik. Tegangan kedip adalah menurunnya tegangan sistem dengan rentang 10 – 90% dalam jangka waktu 0,5 – 60 cycle. Gangguan pada sistem tidak mungkin dihindari, karena waktu terjadinya tidak dapat diketahui dengan pasti. DVR dapat digunakan untuk melakukan antisipasi pada saat terjadinya gangguan tegangan kedip. DVR merupakan konverter elektronika daya yang didesain untuk menjaga tegangan beban dari gangguan dengan cara melakukan injeksi tegangan dari baterai ke sistem. Sistem kontrol pada DVR ini menggunakan fuzzy logic controller untuk melakukan injeksi tegangannya. Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan sistem kontrol DVR untuk melakukan pemulihan terhadap tegangan yang hilang akibat gangguan dari tegangan kedip. Simulasi dilakukan pada beban aktif 250 KW dan reaktif 40KVAR di mills unit 6 sistem distribusi PT Dian Swastatika Sentosa Serang Power Plant dengan gangguan hubung singkat. Hasil simulasi menunjukkan sistem kontrol DVR yang telah dibuat dapat melakukan injeksi tegangan dan memulihkan tegangan sistem menjadi 1 pu

**Kata kunci:** Dynamic Voltage Restorer, Fuzzy Logic Controller, Tegangan Jatuh

© 2021 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu dan teknologi yang cukup cepat dalam bidang industri kelistrikan ini adalah dalam perbaikan kualitas daya listrik. Hal ini disebabkan karena semakin beragamnya peralatan listrik yang membutuhkan sumber listrik dengan kualitas baik. Kualitas daya listrik merupakan salah satu faktor penting dalam sistem kelistrikan di industri maupun konsumen lain. Hal ini dikarenakan semakin jelek kualitas daya listrik dari suatu sistem kelistrikan, biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi permasalahan - permasalahan yang ditimbulkan juga semakin besar.

Tegangan kedip (voltage sag) merupakan salah satu faktor penyebab berkurangnya kualitas sumber listrik. Namun hal ini tidak mungkin untuk dihindari karena waktu terjadinya gangguan tidak bisa diketahui dengan pasti [1]. Oleh sebab itu dilakukan antisipasi apabila terjadi tegangan kedip pada sisi sumber, tidak akan menyebabkan terganggunya tegangan sisi beban. Tegangan Kedip adalah menurunnya tegangan RMS pada frekuensi fundamental pada jaringan untuk durasi 0,5 cycle hingga 60 cycle. Tegangan kedip dapat terjadi setiap saat dengan rentang amplitudo 10 – 90% dan durasi antara setengah siklus hingga satu menit. Penyebab munculnya tegangan kedip adalah karena kegagalan dalam sistem dan penyalaan motor induksi berdaya besar.

DVR merupakan suatu konverter elektronika daya yang didesain untuk menjaga tegangan beban dari semua gangguan di sisi suplai [2]. DVR merupakan salah satu peralatan custom uninterruptible power system (CUPS), dimana DVR memiliki topologi yang hampir serupa dengan uninterruptible power supply (UPS) [3]. DVR telah banyak diteliti dan memiliki rangkaian yang berbeda-beda. Desain algoritma untuk pengendalian dynamic voltage restorer (DVR) yang digunakan adalah dengan menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC) karena dengan metode ini dapat melakukan proses iterasi, pelatihan dan respon lebih cepat.

Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan sistem kontrol DVR untuk melakukan pemulihan terhadap tegangan yang hilang akibat gangguan dari tegangan kedip. Kemudian logika fuzzy digunakan sebagai algoritma yang juga dipakai sebagai logika pada proses injeksi tegangan dari DVR untuk memulihkan tegangan yang hilang.

## 2. METODE PENELITIAN

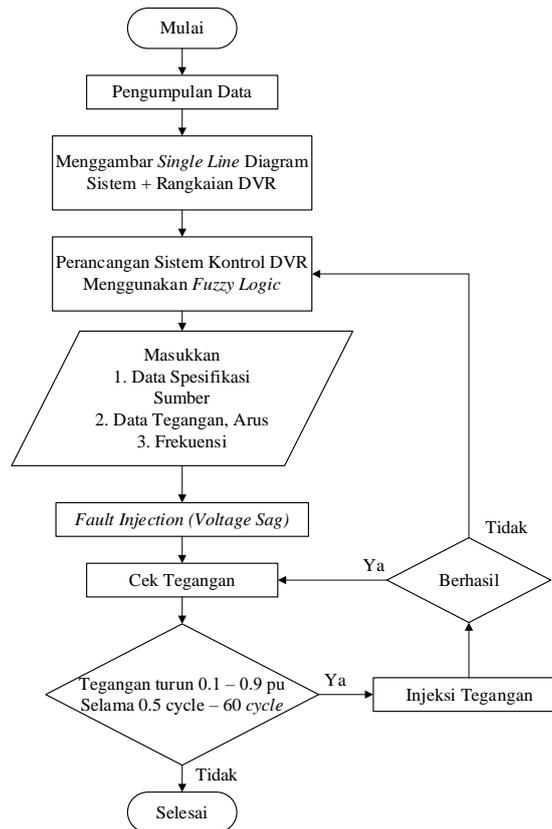
### 2.1 Metode Penelitian

Proses penelitian terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan berdasarkan urutan dalam melakukan penelitian:

- a) Identifikasi masalah yaitu dengan merumuskan latar belakang hingga tujuan dalam penelitian ini.
- b) Studi literatur, yaitu Studi literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi dan teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan..
- c) Pengambilan data pada tahap ini dimaksudkan untuk mengamati data yang akan di analisis. Data yang akan di ambil dan digunakan dalam penelitian ini adalah data single line diagram, spesifikasi saluran sistem, data pembebanan trafo, tegangan, rugi daya, pelepasan beban dan data simulasi dengan menggunakan software 2018a matlab yang merupakan hasil data yang akan dianalisis. Data simulasi diperoleh dari Simulink.
- d) Tahap ini berfungsi untuk menuliskan hasil yang telah didapat dan sebagai sarana pertanggung jawaban terhadap penelitian yang telah dilakukan

### 2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari pemodelan ini adalah sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.3 Perancangan Penelitian

Operator sistem distribusi daya listrik berkomitmen untuk menjamin para pelanggannya untuk memperoleh tingkat keamanan sistem, keandalan sistem dan kualitas daya yang diterima dalam kondisi yang baik. Dengan meningkatnya beban - beban elektronik yang sensitif terhadap level tegangan yang diterimanya (misalnya; adjustable speed drive dan micro-processor), kualitas daya telah menjadi perhatian yang meningkat untuk fasilitas produsen, konsumen dan perusahaan listrik dua dekade terakhir ini [4].

Kualitas daya listrik merupakan konsep yang memberikan gambaran tentang baik atau buruknya mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem kelistrikan. Tujuan utama untuk menangani isu kualitas daya adalah tidak hanya untuk mengidentifikasi karakteristik gangguan dari peristiwa kualitas daya, tetapi juga untuk memberikan solusi yang sesuai untuk utilitas dan pengguna.

Standard IEEE 1159-1995 mendeskripsikan tingkat kesesuaian peralatan terhadap koneksi jaringan [6]. Tabel 2.1 menunjukkan karakteristik dari gangguan pada sistem daya.

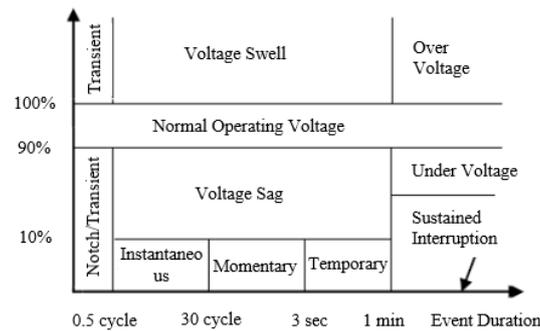
Tabel 2. 1 Karakteristik Gangguan Tegangan [7]

No	Kategori Gangguan	Besar Gangguan	Rentang Waktu
1	<i>Sag</i>	10% - 90%	0.5 – 30 cycle
2	<i>Swell</i>	110%-180%	0.5 – 30 cycle
3	<i>Flicker</i>	0-1%	<i>Steady state</i>
4	Pemutusan	<10%	0.5 cycle – 3 detik
5	Ketidaksiimbangan	0.5 – 3 %	<i>Steady state</i>

6	Harmonisa	THD < 5%	Steady state
---	-----------	----------	--------------

Ada berbagai jenis gangguan yang berpengaruh terhadap keandalan daya utilitas dan fasilitas, tetapi tegangan kedip adalah penyebab utama (80%) dari masalah kualitas daya. Tegangan kedip biasanya disebabkan oleh sumber gangguan, seperti beroperasinya motor-motor, dan atau transformator, gangguan hubung singkat pada saluran daya akibat induksi langsung sambaran petir dan sebagainya.

Tegangan kedip atau sag voltage adalah penurunan nilai rms tegangan nominal sistem daya listrik yang tiba-tiba, sedangkan beban tetap terhubung ke sumber daya listrik. Tegangan kedip dapat menyebabkan kesalahan operasi atau kegagalan fasilitas pelanggan yang sangat sensitif terhadap perubahan besaran yang kecil [2]. Penurunan tegangan dalam saluran daya juga terjadi akibat pengoperasian beban yang berat, atau oleh gangguan pada saluran sistem transmisi maupun pada saluran sistem distribusi daya listrik, dapat mengubah karakteristik beban seperti motor induksi dan mesin las.



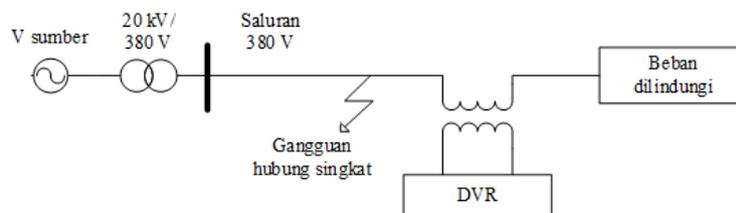
Gambar 2. 1 Gangguan Tegangan Menurut IEEE Std. 1159-1995 [8]

Menurut Standar IEEE 1159-1995, tegangan kedip didefinisikan sebagai penurunan nilai rms tegangan nominal sistem antara 0,1 pu sampai 0,9 pu, dengan durasi 0,5 siklus sampai 60 cycle, ditunjukkan pada Gambar 2.3. Tegangan kedip dapat dikarakteristikan dalam parameter sebagai berikut [9]:

1. Besar tegangan kedip
2. Keseimbangan sistem tiga fasa
3. Lama (Durasi) jatuh
4. Lompatan sudut fasa, karena perbedaan dalam rasio X/R antara sumber dan penyulang (feeder).

Masalah tegangan kedip dapat dikarakteristikan melalui dua komponennya, yaitu besar (magnitude) dan lama (durasi)

Tegangan kedip pada sistem distribusi diakibatkan oleh gangguan yang terjadi pada salah satu saluran penyulang sistem distribusi. Tegangan kedip yang terjadi bisa seimbang atau tidak seimbang, tergantung pada sistem gangguan. Tegangan kedip seimbang diakibatkan oleh gangguan tiga fasa, dan tegangan kedip tidak seimbang disebabkan oleh gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah atau gangguan dua fasa ke tanah.



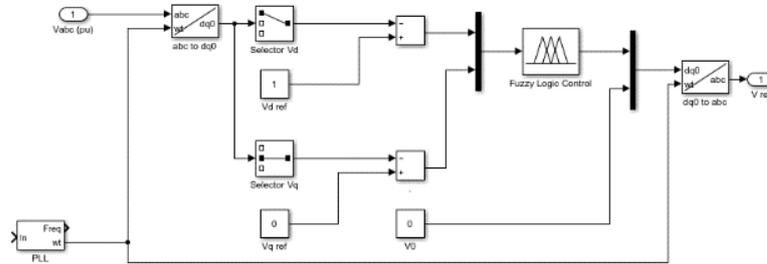
Gambar 2.1. Perancangan Sistem Distribusi

### 2.3.1 Perancangan Dynamic Voltage Restorer

Dynamic Voltage Restorer merupakan peralatan yang digunakan untuk memulihkan tegangan atau memperbaiki mutu tegangan di sisi beban dan posisinya dipasang secara seri antara sumber dan beban. DVR dirangkai secara seri dengan sistem distribusi untuk melindungi peralatan sensitif terhadap terjadinya tegangan kedip [10].

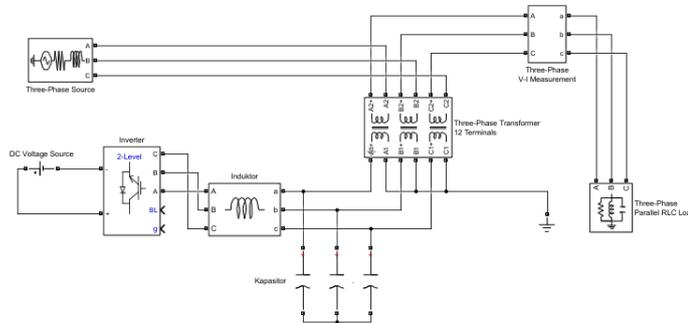
Komponen DVR secara umum adalah rangkaian pendeteksi gangguan kedip tegangan, rangkaian inverter, kontrol tegangan, dan booster transformer. Rangkaian inverter disini menggunakan peralatan semikonduktor yaitu Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT), dikarenakan disamping frekuensi switchingnya tinggi daya yang disalurkan IGBT mencapai 1 MVA. Untuk teknik switching inverter menggunakan teknik switching space vector PWM.

Pada sistem yang akan dibuat, tegangan pada sisi beban akan secara terus – menerus dilakukan pengukuran untuk melakukan deketsi terhadap tegangan jatuh.



Gambar 2.2 Regulator Tegangan DVR Berbasis Fuzzy Logic Controller

Transformator bertugas untuk menyalurkan tegangan pada sistem yang terhubung dengan beban yang dilindungi untuk mengembalikan nilainya menjadi 1 pu.

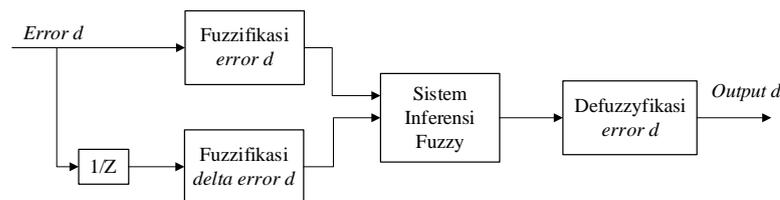


Gambar 2.3 Rancangan Transformator Injeksi

Fungsi dasar transformator penyuntik tegangan adalah menaikkan besar tegangan keluaran filter atau tegangan yang akan disuntikkan DVR ke saluran distribusi yang memasok tegangan kepada beban sensitif yang dilindungi.

### 2.3.2 Rancangan Sistem Kontrol DVR

Pengendalian DVR yang diusulkan dengan menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC) terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 4 Rancangan Pemodelan Fuzzy Logic Controller

#### 2.3.2.1 Pendefinisian Variabel Linguistik Masukan dan Keluaran

Sistem fuzzy menggunakan fuzzy set dan teori logika fuzzy dalam proses penalaran dan beroperasi sebagai algoritma penalaran fuzzy. Perkiraan penalaran fuzzy dilakukan dengan kata-kata fuzzy yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, ekspresi seperti sedikit dingin, hampir di sana, entah bagaimana berhasil dan lebih dari panas mengandung istilah perkiraan sedikit, hampir, entah bagaimana, dan lebih dari itu. Istilah ini digunakan dengan kata-kata kabur seperti dingin, hangat, panas untuk mengubah tingkat kekaburan [12].

Variabel linguistik fuzzy didefinisikan untuk menentukan variabel fuzzy yang digunakan serta menentukan batas maksimum dan batas minimum dari masing – masing variabel. Variabel fuzzy yang digunakan antara lain, “error d” yang akan merepresentasikan kedalaman tegangan kedip pada saat terjadi voltage sag, “delta error d” yang merepresentasikan laju perubahan kedalaman tegangan kedip pada saat terjadi voltage sag, “error q” yang akan merepresentasikan pergeseran fasa terhadap fasa

normal pada saat gangguan, “Vd” yang merupakan besarnya tegangan yang akan di injeksikan ke sistem berdasarkan nilai tegangan jatuh, dan “Vq” merupakan besarnya perbaikan fasa berdasarkan pergeseran fasa yang terjadi. Berikut ini merupakan pendefinisan dari variabel fuzzy dan range nilai yang digunakan.

Tabel 2. 2 Variabel Linguistik Fuzzy

Fungsi	Variabel Fuzzy	Range
Input	e	[-1 1]
	ce	[-1 1]
Output	Vd / Vq	[-1 1]

2.3.2.1 Pendefinisan Fungsi Keanggotaan Fuzzy dan Derajat Keanggotaan

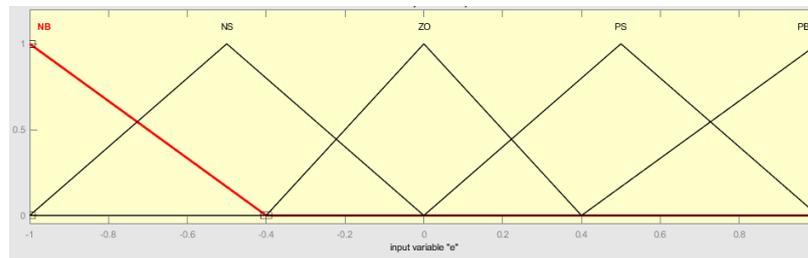
Fungsi keanggotaan (membership function) adalah sebuah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik data input kedalam nilai derajat keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1. Pendekatan fungsi adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan. Terdapat beberapa kurva yang dapat digunakan untuk mendefinisikan fungsi keanggotaan yaitu [13].

Pendefinisan keanggotaan fuzzy ini didapatkan berdasarkan rancangan banyaknya variabel fuzzy yang sudah dirancang sebelumnya. Berikut ini merupakan tabel keanggotaan fuzzy.

Tabel 2. 3 Fungsi Keanggotaan Variabel e

Variabel Fuzzy	Keanggotaan Fuzzy	Domain
e	Negatif Big (NB)	[-1 -1 -0.4]
	Negatif Small (NS)	[-1 -0.5 0]
	Zero (ZO)	[-0.4 0 0.4]
	Positif Small (PS)	[0 0.5 1]
	Positif Big (PB)	[0.4 1 1]

Berikut ini merupakan nilai fungsi keanggotaan untuk variabel e yang sudah dirancang.



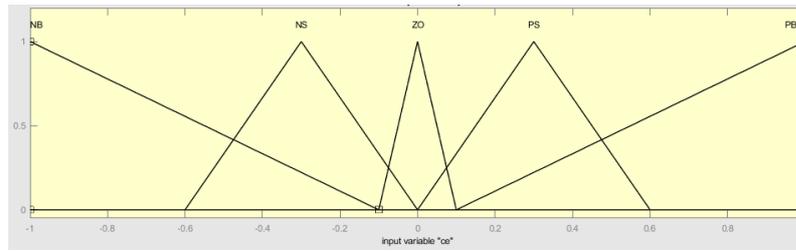
Gambar 2. 5 Fungsi Keanggotaan e

Selanjutnya, dibawah ini merupakan tabel keanggotaan fuzzy untuk variabel ce adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Fungsi Keanggotaan Variabel ce

Variabel Fuzzy	Keanggotaan Fuzzy	Domain
ce	Negatif Big (NB)	[-1 -1 -0.1]
	Negatif Small (NS)	[-0.6 -0.3 0]
	Zero (ZO)	[-0.1 0 0.1]
	Positif Small (PS)	[0 0.3 0.6]
	Positif Big (PB)	[0.1 1 1]

Berikut ini merupakan nilai fungsi keanggotaan untuk variabel ce yang sudah dirancang.



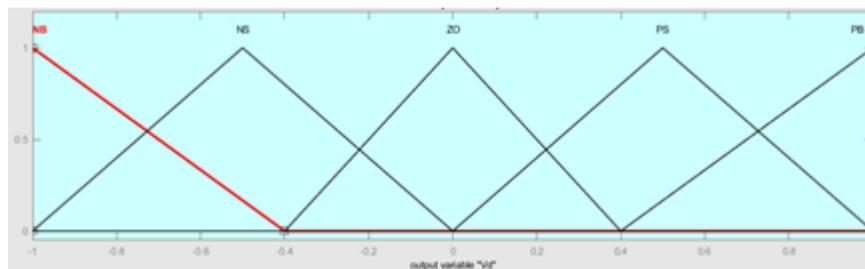
Gambar 2. 6 Fungsi Keanggotaan ce

Selanjutnya, dibawah ini merupakan tabel keanggotaan fuzzy untuk variabel Vd/Vq adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 5 Fungsi Keanggotaan Variabel Vd/Vq

Variabel Fuzzy	Keanggotaan Fuzzy	Domain
Vd/Vq	Negatif Big (NB)	[-1 -1 -0.4]
	Negatif Small (NS)	[-1 -0.5 0]
	Zero (ZO)	[-0.4 0 0.4]
	Positif Small (PS)	[0 0.5 1]
	Positif Big (PB)	[0.4 1 1]

Berikut ini merupakan nilai fungsi keanggotaan untuk variabel Vd/Vq.



Gambar 2. 7 Fungsi Keanggotaan Vd/Vq

2.3.2.2 3. Pendefinisian Aturan Fuzzy

Fuzzifikasi adalah pemetaan dari nilai real  $x^* \in U$  ke dalam himpunan fuzzy  $A'$  pada  $U$ . Dapat dikatakan bahwa fuzzifikasi merupakan proses pengubahan nilai tegas (crisp) menjadi nilai fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan [14]. Fuzzifikasi dibagi menjadi 3 metode yaitu sebagai berikut:

1. Fuzzifikasi singleton
2. Fuzzifikasi Gaussian
3. Fuzzifikasi Triangular

Berikut ini merupakan pendefinisian aturan fuzzy untuk setiap keluaran Vd / Vq.

Tabel 2. 6 Fuzzy Logic Rule Base

(ce)\(e)	NB	NS	ZO	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NS	ZO
NS	NB	NB	NS	ZO	PS
ZO	NB	NS	ZO	PS	PB
PS	NS	ZO	PS	PB	PB
PB	ZO	PS	PB	PB	PB

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Model

Simulasi dirancang dengan menggunakan aplikasi Matlab Simulink 2018. Simulasi yang dirancang menggunakan menu simulink pada matlab. Rangkaian simulasi ini terdiri dari rangkaian



saluran distribusi 3 fasa yang terdiri dari generator 3 fasa kemudian trafo step down yang akan menurunkan tegangan dari 20kV menjadi 380V dan kemudian terhubung dengan beban 380V.

Kemudian pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa kondisi, yaitu kondisi pertama sebelum terjadi gangguan satu fasa ke tanah, kondisi kedua adalah saat terjadi gangguan tanpa menggunakan DVR (Dynamic Voltage Restorer), dan kondisi ketiga adalah saat terjadi gangguan dengan menggunakan DVR (Dynamic Voltage Restorer).

### 3.2 Hasil Rancangan Sistem Kontrol DVR

Proses pendeteksian tegangan dimulai dengan cara mengukur tegangan fasa abc sistem secara kontinyu, kemudian tegangan fasa abc tersebut di transformasikan menjadi bentuk dq0 dengan menggunakan transformasi park. Transformasi park atau dq0 ini memberikan 2 buah informasi yaitu notasi d yang akan menyakan kedalam voltage sag terjadi, dan notasi q akan menyatakan besarnya pergeseran fasa pada saat terjadi gangguan. Kemudian nilai d dan q dari hasil transformasi tersebut akan dibandingkan dengan nilai d referensi dan nilai q referensi, dimana nilai d referensinya adalah 1 (merupakan nilai tegangan yang seharusnya, yaitu 1 pu) dan nilai q referensinya adalah 0 (merupakan nilai beda fasa yang seharusnya, yaitu 0). Nilai besaran pengukuran menggunakan 1 pu.

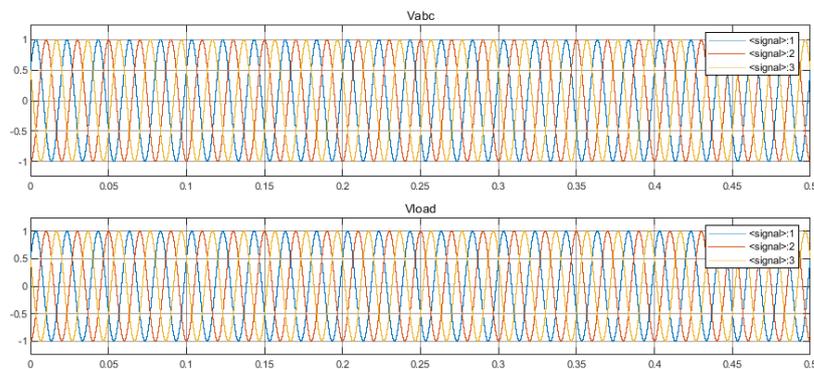
Proses untuk menentukan besarnya tegangan yang akan diinjeksikan ke sistem dilakukan dengan menggunakan fuzzy logic controller. Masukkan yang digunakan pada fuzzy adalah sinyal error (e) yang didapatkan dari selisih nilai keadaan dengan nilai referensi dan sinyal change of error (ce) yang didapatkan dari nilai error (e) yang ditransformasikan z, sehingga didapatkan dalam bentuk diskrit.

### 3.2 Hasil Rancangan Model Simulasi

Model simulasi pada penelitian ini dirancang dengan menggunakan beberapa kondisi simulasi, yaitu kondisi normal tanpa gangguan, kondisi dengan gangguan tanpa menggunakan DVR dan kondisi dengan gangguan dengan menggunakan DVR.

### 3.3 Hasil Simulasi sebelum Terjadi Gangguan

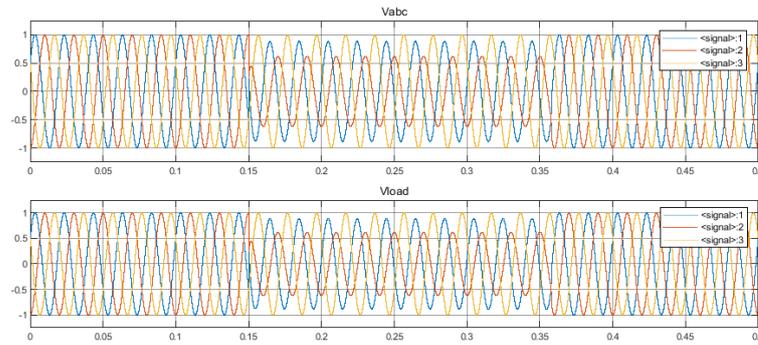
Pada percobaan ini, dilakukan simulasi pada sistem distribusi tenaga listrik pada kondisi normal dengan menggunakan nilai parameter – parameter yang sudah disebutkan sebelumnya. Pada kondisi ini, besar nominal tegangan yang dikirimkan dari sistem distribusi ke beban akan tetap sama, yaitu 1 pu.



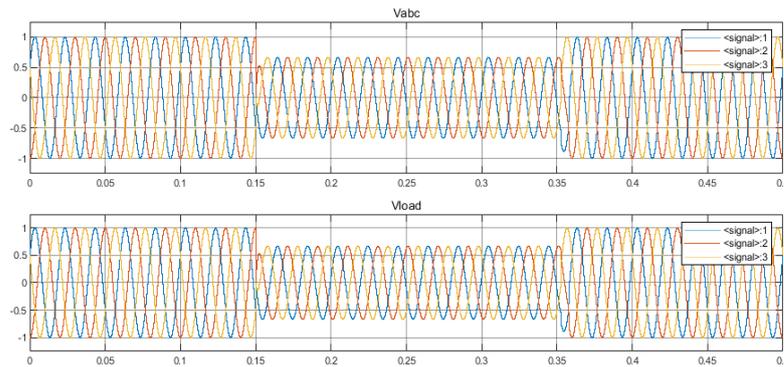
Gambar 3. 1 Hasil Simulasi sebelum Terjadi Gangguan

### 3.4 Hasil Simulasi saat Terjadi Gangguan tanpa DVR

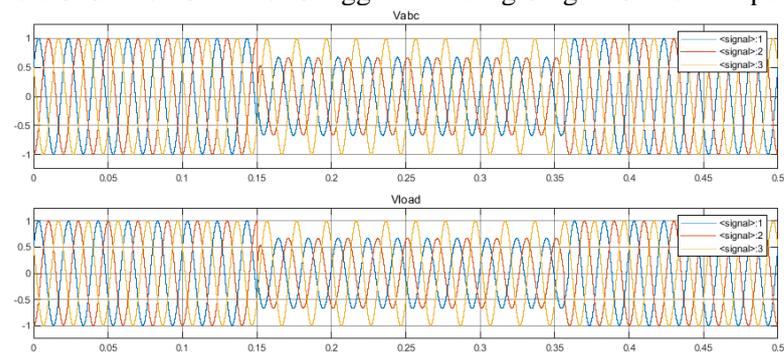
Pada percobaan ini, dilakukan simulasi pada sistem distribusi tenaga listrik pada kondisi saat terjadi gangguan dengan menggunakan nilai parameter – parameter yang sudah disebutkan sebelumnya. Pada simulasi ini, gangguan yang terjadi pada sistem distribusi diatur dalam rentang waktu 0.15 – 0.35 detik.berikut ini merupakan hasil simulasi untuk tiap gangguan hubung singkat yang terjadi.



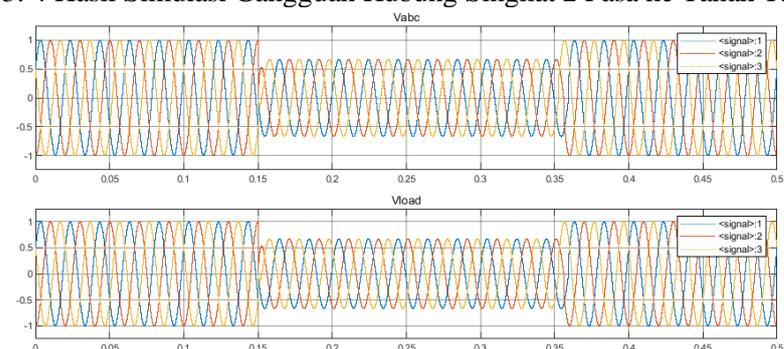
Gambar 3. 2 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa Tanpa DVR



Gambar 3. 3 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa Tanpa DVR



Gambar 3. 4 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah Tanpa DVR



Gambar 3. 5 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa ke Tanah Tanpa DVR

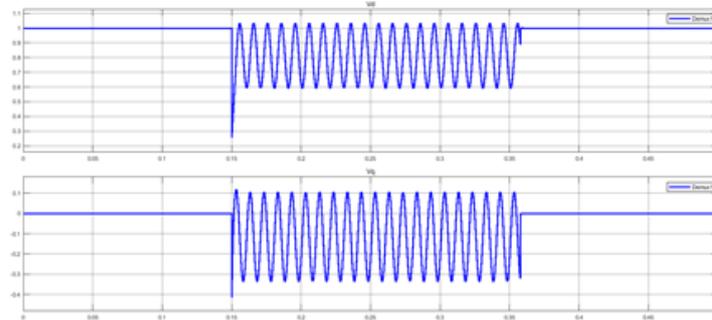
3.4 Hasil Simulasi saat Terjadi Gangguan dengan DVR  
DVR pada rangkaian sistem tenaga listrik ini digunakan untuk melakukan perbaikan kualitas tegangan terhadap gangguan voltage sag yang terjadi, dengan cara melakukan injeksi tegangan ke sistem.

Pada prosesnya, DVR ini akan bekerja ketika terjadi gangguan voltage sag. Voltage sag ini akan terdeteksi oleh regulator tegangan pada sistem kontrol DVR. Kemudian ketika gangguan sudah

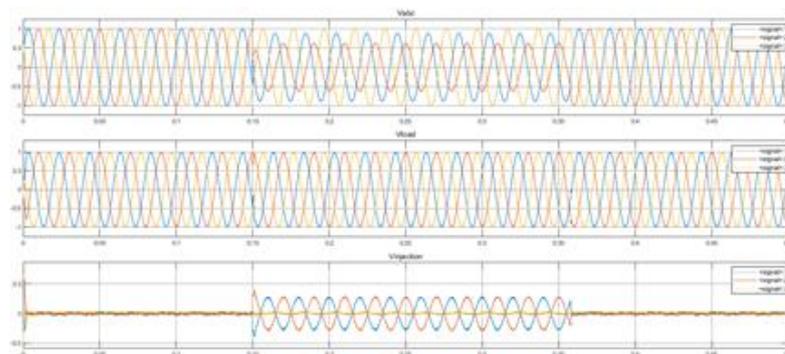
terdeteksi, sistem kontrol DVR akan menentukan berapa banyak tegangan yang harus diinjeksikan kedalam sistem tenaga listrik. Keluaran dari sistem kontrol DVR adalah berupa sinyal tegangan referensi. Kemudian tegangan referensi ini dijadikan sebagai referensi untuk membangkitkan sinyal sinusoidal dari sumber tegangan DC dengan menggunakan metode PWM (Pulse Width Modulation). Setelah itu, tegangan yang dihasilkan akan melewati filter low pass dan kemudian disalurkan dan diinjeksikan kedalam sistem dengan menggunakan trafo injeksi. Proses ini akan dilakukan secara kontinu, regulator tegangan akan terus mengawasi keadaan tegangan sistem apakah dalam keadaan normal (1pu) atau dalam keadaan gangguan ( $<0,95pu$ ).

Sistem kontrol dari DVR akan mendeteksi error dengan cara menghitung nilai selisih antara tegangan referensi (1 pu) dengan tegangan yang ada pada sistem, baik dalam kondisi normal maupun dalam kondisi gangguan. Setelah mengetahui besarnya selisih tersebut, fuzzy logic control akan melakukan perhitungan untuk besarnya tegangan yang akan diinjeksikan ke sistem, sesuai dengan besarnya tegangan yang jatuh.

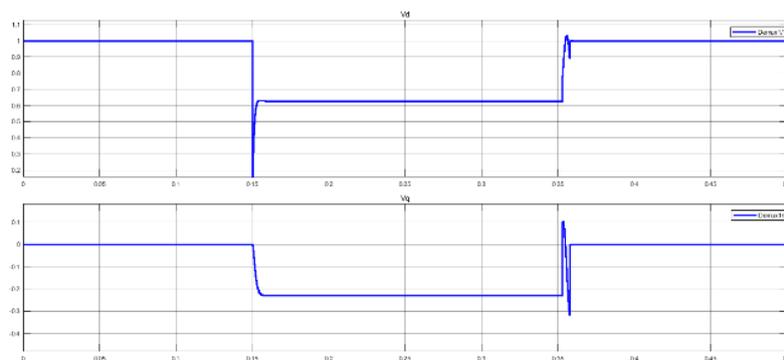
Proses perbaikan tegangan kedip dengan menggunakan fuzzy logic controller diawali dengan mendeteksi besaran tegangan apakah sesuai dengan batas yang diizinkan atau tidak. Untuk melakukan pendeteksian, dilakukan dengan melakukan transformasi tegangan abc kedalam bentuk dq0 agar dapat mengetahui besar tegangan yang hilang ketika terjadi gangguan tegangan kedip.



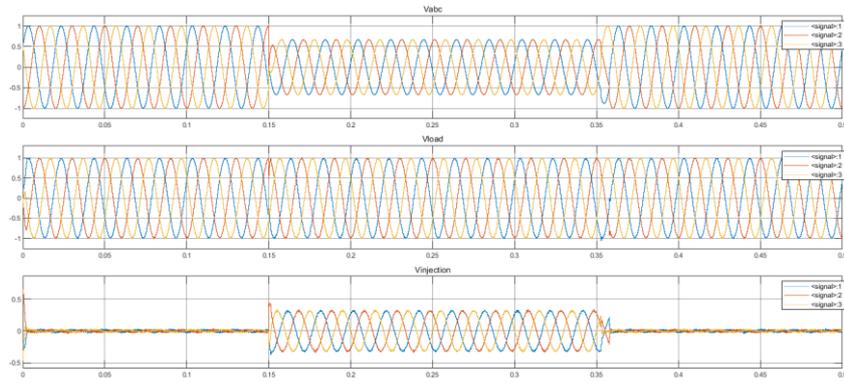
Gambar 3.6 Transformasi dq0 pada Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa dengan DVR



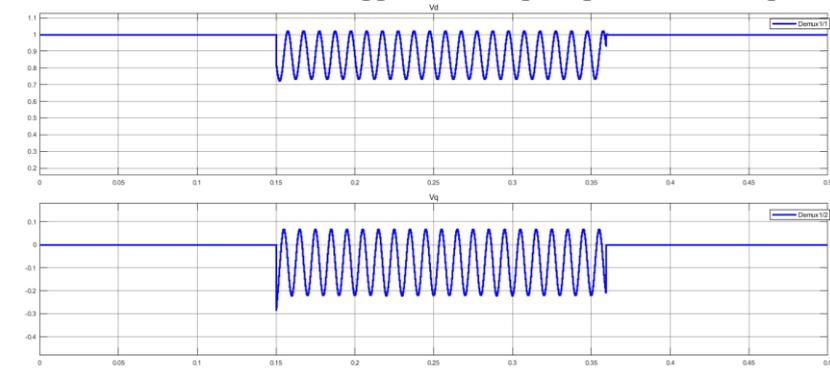
Gambar 3.7 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa dengan DVR



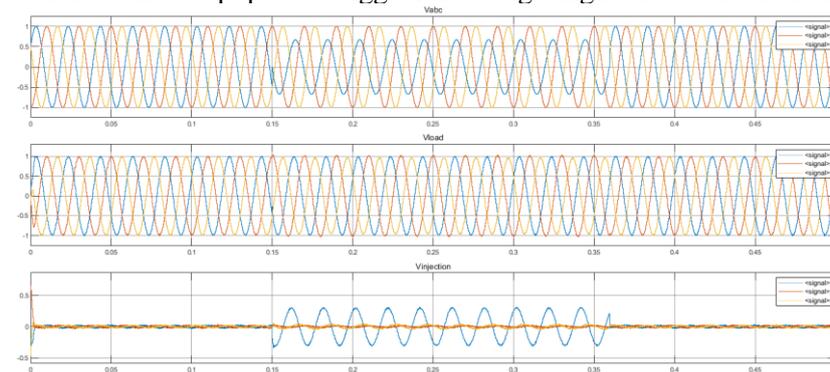
Gambar 3.8 Transformasi dq0 pada Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa dengan DVR



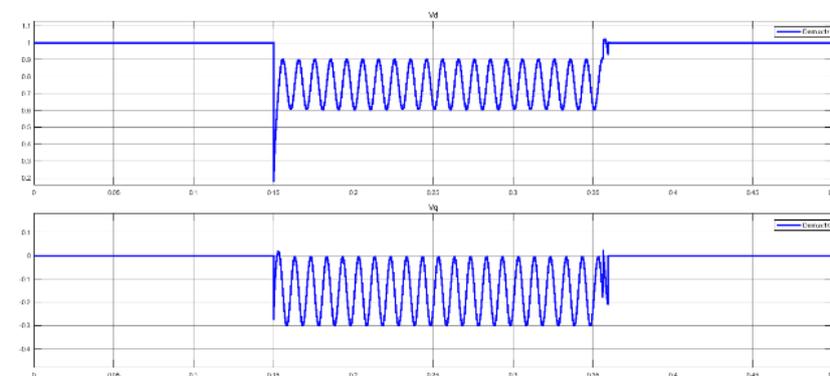
Gambar 3.9 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa dengan DVR



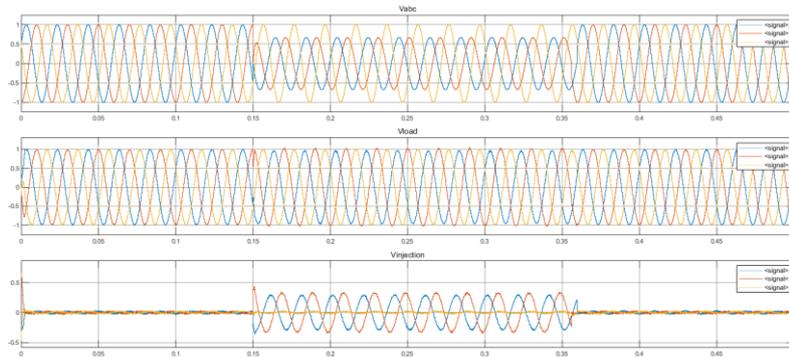
Gambar 3.10 Transformasi dq0 pada Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah dengan DVR



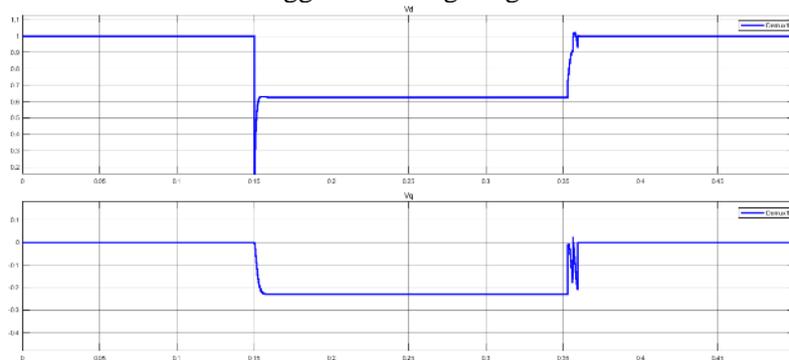
Gambar 3.11 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah dengan DVR



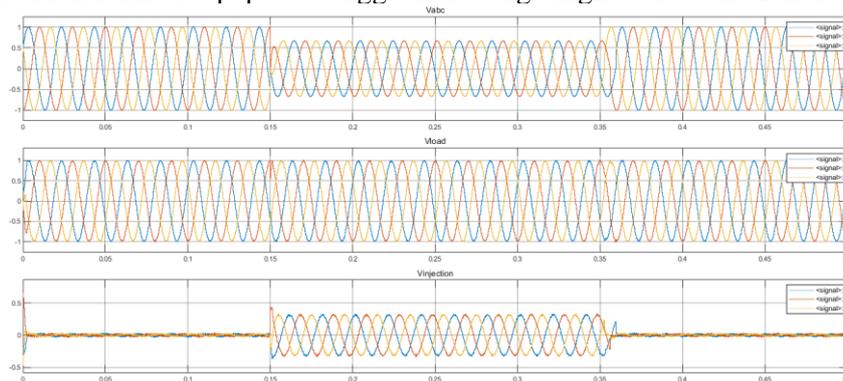
Gambar 3.12 Transformasi dq0 pada Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah dengan DVR



Gambar 3.13 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah dengan DVR



Gambar 3.14 Transformasi dq0 pada Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa ke Tanah dengan DVR



Gambar 3.15 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa ke Tanah dengan DVR

#### 4. KESIMPULAN

##### 4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian terhadap simulasi pada jaringan distribusi unit 6 PT. Dian Swastika Sentosa PowerPlant yang mengalami gangguan hubung singkat pada sistem distribusi 380 V, berikut ini merupakan kesimpulannya.:

- a) Dengan menggunakan fuzzy logic control sebagai sistem kontrol yang digunakan pada Dynamic Voltage Restorer, DVR tersebut dapat melakukan pemulihan tegangan pada saat terjadinya voltage sag akibat hubung
- b) Hasil gelombang tegangan pada beban (Vload) sudah bernilai 1 pu pada saat terjadinya gangguan voltage sag dengan menggunakan gangguan hubung singkat 1 fasa ketanah, gangguan hubung singkat 2 fasa ketanah, gangguan 3 hubung singkat fasa ketanah, gangguan 2 hubung singkat fasa dan gangguan 3 hubung singkat fasa.

#### REFERENSI

[1] J. G. Nielsen and F. Blaabjerg, "A Detailed Comparison of System Topologies for," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 41, 2005.

- [2] P. Kumari and V. K. Garg, "Simulation of Dynamic Voltage Restorer Using Matlab to Enhance Power Quality in Distribution System," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 3, 2013.
- [3] H. P. Tiwari and S. K. Gupta, "Dynamic Voltage Restorer Based on Load Condition," *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 1, 2010.
- [4] S. T. Sembiring and G. Golfrid, "Analisis Pemulihan Kedip Tegangan Akibat Gangguan Satu Fasa ke Tanah Dengan Menggunakan Dynamic Voltage Restorer Pada Sistem Tiga Fasa Dengan Beban Bervariasi," *VISI*, vol. 3, 2012.
- [5] S. W. Wahab and A. M. Yusof, "Voltage Sag and Mitigation Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) System," *ELEKTRIKA*, vol. 8, pp. 32-37, 2006.
- [6] . Ledwich and A. Ghosh, "Compensation of Distribution System Voltage Using DVR," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 17, 2002.
- [7] . R. Prayuga, S. Hernanda and M. Pujiantara, "Analisa Pengaruh Koordinasi Peralatan Proteksi Terhadap Karakteristik Voltage Sag Di PT. Pupuk Kaltim (Pkt) Bontang,," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, 2012.
- [8] . Azim and A. Hoque, "A Fuzzy Logic based Dynamic Voltage Restorer for Voltage Sag and Swell Mitigation for Industrial Induction Motor Loads," *Int. J. Comput. Appl*, vol. 30, 2011.
- [9] M. D. Santos and T. Hidayat, "Analisis Perbaikan Tegangan Sag Akibat Arus Asut Motor Induksi dengan Dynamic Voltage Restor (DVR)," *ELEKTRIKA*, vol. 1, 2017.
- [10] A. Kusko and M. T. Thompson, *Power Quality in Electrical Systems*, New York: McGraw-Hill, 2017.
- [11] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, *IEEE Std 1159-1995*, 1995.
- [12] I. H. Alatas, *Fuzzy Logic Control in Energy System with Design Applications in Matlab/Simulink*, London: The Institution of Engineering and Technology, 2017.
- [13] A. Setiawan, B. Yanto and K. Yasdomi, *Logika Fuzzy dengan Matlab (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)*, Perpustakaan Nasional Republik Indonesia: Jayapangus Press, 2018.
- [14] L.-X. Wang, *A Course in Fuzzy System and Control*, Prentice-Hall International, Inc., 1997.

