

**ANALISIS PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER*  
(DVR) UNTUK MEMINIMALISASIKAN *VOLTAGE SAG*  
KARENA GANGGUAN SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS  
DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC***

**SKRIPSI**



Disusun Oleh :  
**EKO BUDI SULASTONO**  
NIM. 1112008



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

2012

МАШИНА ДЕКЛАТОРИ ИСТОРИЈЕ БУГОЈА  
СУПСТАВ ДЕКЛАТОРИ ИСТОРИЈЕ  
КОМПАНИЈА ДЕКЛАТОРИ БУГОЈА ПРАВИ  
БУГОЈА СЛУЖБА ДЕКЛАТОРИ БУГОЈА 7-1

МАШИНА ДЕКЛАТОРИ  
ПРО БУГОЈА БУГОЈА  
БУГОЈА БУГОЈА



МАШИНА

МАШИНА ДЕКЛАТОРИ ИСТОРИЈЕ БУГОЈА  
МАШИНА ДЕКЛАТОРИ ИСТОРИЈЕ БУГОЈА  
(МАШИНА) ДЕКЛАТОРИ ИСТОРИЈЕ БУГОЈА  
МАШИНА ДЕКЛАТОРИ ИСТОРИЈЕ БУГОЈА

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER* (DVR)  
UNTUK MEMINIMALISASIKAN *VOLTAGE SAG* KARENA  
GANGGUAN SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS DENGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC***

**SKRIPSI**

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

**Disusun oleh :**

**EKO BUDI SULASTONO  
NIM. 1112008**

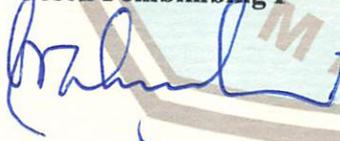
**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP.P. 1030100358**

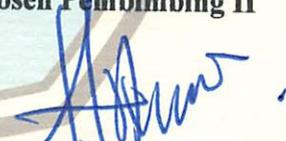
**Diperiksa dan Disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**



**Prof. Dr. Eng. Ir Abraham Lomi, MSEE  
NIP. Y. 1018500108**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP. Y. 1030100371**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

**ANALISIS PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)*  
UNTUK MEMINIMALISASIKAN *VOLTAGE SAG* KARENA GANGGUAN  
SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS DENGAN MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE PSCAD/EMTDC***

Eko Budi Sulastono (1112008)  
Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang  
E-mail : ekobudisulastono@gmail.com

***Abstrak***

*Salah satu gejala yang umum terjadi pada suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik yaitu adanya gangguan penurunan tegangan (sag). Dalam suatu jaringan distribusi ada dua macam penurunan tegangan (sag) yang diakibatkan oleh gangguan simetris dan tak simetris. Akibat dari adanya gangguan penurunan tegangan (sag) ini dapat mempengaruhi penyaluran dan kontinuitas pelayanan energi listrik ke beban (konsumen). Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakanlah suatu alat kompensasi yaitu Dynamic Voltage Restorer (DVR). Pada penelitian ini pemasangan Dynamic Voltage Restorer (DVR) digunakan untuk mengatasi permasalahan tegangan sag yang disebabkan oleh gangguan simetris dan tak simetris. Untuk mensimulasikan dan memodelkan sebelum dan sesudah pemasangan Dynamic Voltage Restorer (DVR) dengan menggunakan bantuan software PSCAD/EMTDC. Dari hasil simulasi didapatkan perbandingan nilai voltage sag sebelum dan sesudah pemasangan Dynamic Voltage Restorer (DVR) untuk jenis gangguan simetris sebelumnya berkisar 0.19 pu menjadi 0.99 pu, bila jenis gangguan tak simetris SLGF sebelumnya berkisar 0.71 pu menjadi 1.03 pu dan yang LLGF sebelumnya berkisar 0.44 pu menjadi 1.01 pu.*

***Kata kunci : DVR, Gangguan Simetris dan Tak Simetris, Jaringan Sistem Distribusi, Voltage Sag***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“ANALISIS PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)* UNTUK MEMINIMALISASIKAN *VOLTAGE SAG* KARENA GANGGUAN SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC*”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Ir. Ni Putu Agustini, MT selaku Dosen Pembimbing 2.
6. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE. selaku Kepala Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik.
7. Kedua orang tua dan teman-teman yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Malang, 14 Maret 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Pembahasan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Sistematika Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Tinjauan Umum .....	5
2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.2.1. Jaringan Distribusi Primer .....	7
2.2.2. Jaringan Distribusi Sekunder .....	7
2.3. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik .....	8
2.3.1. Gangguan Simetris Pada Sistem Tenaga Listrik .....	9
2.3.2. Gangguan Tak Simetris Pada Sistem Tenaga Listrik ....	9
2.3.2.1. Gangguan Satu Fasa Ke Tanah .....	10
2.3.2.2. Gangguan Dua Fasa Hubung Singkat .....	10
2.3.2.3. Gangguan Dua Fasa Ke Tanah .....	11
2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik .....	11
2.4.1. Daya Aktif ( <i>Active Power</i> ) .....	12
2.4.2. Daya Reaktif ( <i>Reaktif Power</i> ) .....	12
2.4.3. Daya Semu ( <i>Apparent Power</i> ) .....	12

2.5. Faktor Daya .....	13
2.6. <i>Voltage Sag</i> ( Tegangan <i>Sag</i> ) .....	13
2.7. Perhitungan Nilai <i>Voltage Sag</i> .....	14
2.8. Peralatan – peralatan yang sensitif terhadap <i>Voltage Sag</i> .....	15
2.9. Model <i>Dynamic Voltage Restorer</i> .....	16
2.10. Prinsip Kerja <i>Dynamic Voltage Restorer</i> .....	17
2.11. Metode Injeksi Tegangan Pada <i>Dynamic Voltage Restorer</i> ..	18
2.11.1. <i>Pre-Sag/Dip Compensation (PDC)</i> .....	18
2.11.2. <i>In-Phase Compensation Method (IPC)</i> .....	19
2.11.3. <i>In-Phase Advanced Compensation Method (IPAC)</i> ...	20
2.11.4. <i>Voltage Tolerance Method With Minimum</i> <i>Energy Injection</i> .....	20
<b>BAB III PENGGUNAAN <i>DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)</i></b> <b>UNTUK MEMINIMALKAN VOLTAGE SAG SIMETRIS DAN</b> <b>TAK SIMETRIS .....</b>	21
3.1. <i>Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation</i> .....	21
3.1.1. Tampilan Layar Utama <i>Software PSCAD/EMTDC</i> .....	22
3.1.2. Tampilan Master Library pada <i>Software</i> <i>PSCAD/EMTDC</i> .....	22
3.1.3. Tampilan Lembar Kerja Baru pada <i>Software</i> <i>PSCAD/EMTDC</i> .....	23
3.2. <i>Dynamic Voltage Restore</i> .....	23
3.2.1. <i>Energy Storage</i> .....	23
3.2.2. <i>Voltage Source Converter</i> .....	24
3.2.3. Kontrol Pengendali PWM Sinusoidal .....	24
3.2.3.1. PWM Sinusoidal .....	24
3.2.3.2. Kontrol PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ) .....	25
3.2.4. Kontrol Pengendali <i>Proporsional Integral (PI)</i> .....	26
3.2.4.1. Sistem Kontrol .....	26
3.2.4.2. Pengendali PI Konvensional .....	27
3.2.5. <i>Injection / Coupling Transformator</i> .....	28
3.3. Bentuk Rangkaian Kontrol DVR pada <i>PSCAD/EMTDC</i> .....	29
3.4. <i>Flowchart</i> Hasil Simulasi Menggunakan	

<i>Software</i> PSCAD/EMTDC .....	31
3.4.1. <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah .....	31
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN HASIL .....</b>	<b>32</b>
4.1. <i>Single Line</i> Sistem Distribusi GI. Cerme .....	32
4.2. Data Sistem Distribusi PT. PLN (PERSERO) UPJ. Gresik ...	32
4.3. Solusi Perbaikan Tegangan <i>Sag</i> Akibat gangguan Simetris dan Tak Simetris .....	33
4.4. <i>Single Line</i> Dengan Pemasangan <i>DVR</i> .....	34
4.5. Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi <i>DVR</i> (Kondisi Base Case).....	34
4.5.1. Profil Tegangan Mengalami Gangguan <i>Voltage Sag</i> .... Akibat Gangguan Simetris ( <i>Three Phase to Ground Fault</i> ) dengan durasi waktu (0.3 – 0.5 s) .....	35
4.5.2. Profil Tegangan Mengalami Gangguan <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris ( <i>Single Line to Ground</i> <i>Fault</i> ) dengan durasi waktu (0.3 – 0.5 s) .....	36
4.5.3. Profil Tegangan Mengalami Gangguan <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris ( <i>Line to Line Ground Fault</i> ) dengan durasi waktu (0.3 – 0.5 s) .....	37
4.6. Hasil Simulasi Setelah Pemasangan <i>DVR</i> .....	40
4.6.1. Kompensasi dengan <i>DVR</i> Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Simetris dengan durasi waktu (0.3 – 0.5 s) .....	40
4.6.2. Kompensasi dengan <i>DVR</i> Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Tak Simetris dengan durasi waktu (0.3 – 0.5 s) .....	41
4.6.3. Kompensasi dengan <i>DVR</i> Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Tak Simetris dengan durasi waktu (0.3 – 0.5 s) .....	42
4.7. Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Dynamic</i> <i>Voltage Restorer</i> ( <i>DVR</i> ) Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris dan Tak Simetris .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1. Kesimpulan .....	58
5.2. Saran .....	58

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Penyaluran Sistem Tenaga Listrik .....	6
Gambar 2.2	Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	7
Gambar 2.3	Gangguan satu fasa ke tanah .....	10
Gambar 2.4	Gangguan dua fasa.....	10
Gambar 2.5	Gangguan dua fasa ke tanah .....	11
Gambar 2.6	Segitiga Daya .....	13
Gambar 2.7	<i>Voltage Sag</i> .....	14
Gambar 2.8	Model Pembagi Tegangan Untuk <i>Voltage Sag</i> .....	14
Gambar 2.9	Model DVR .....	16
Gambar 2.10	Protection Mode .....	17
Gambar 2.11	Stanby Mode .....	17
Gambar 2.12	Diagram Vektor Satu Fasa dari Metode PDC .....	19
Gambar 2.13	Diagram Vektor Satu Fasa dari Metode IPC .....	19
Gambar 2.14	Voltage Tolerance Method With Minimum Energy Injection .....	20
Gambar 3.1	Tampilan Utama <i>Software PSCAD/EMTDC</i> .....	22
Gambar 3.2	Tampilan Master Library pada <i>Software PSCAD/EMTDC</i> .....	22
Gambar 3.3	Tampilan Lembar Kerja Baru pada <i>Software PSCAD/EMTDC</i> .....	23
Gambar 3.4	Rangkaian VSC pada DVR .....	24
Gambar 3.5	Rangkaian modulasi lebar pulsa (PWM).....	26
Gambar 3.6	Dasar Pengendalian PI .....	26
Gambar 3.7	Kontrol Tegangan Terinjeksi Menggunakan Pengendali PI Konvensional .....	27
Gambar 3.8	Model <i>Injection/Coupling Transformator</i> .....	39
Gambar 3.12	Rangkaian Pengendali PI untuk mengendalikan DVR .....	30
Gambar 3.13	Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan DVR .....	30
Gambar 3.14	Rangkaian PWM Untuk Mengendalikan DVR .....	30
Gambar 3.15	<i>Flowchart</i> penyelesaian masalah .....	31
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> Sistem Distribusi GI. Cerme Penyulang Morowudi Dalam <i>PSCAD</i> .....	32
Gambar 4.2	Penempatan DVR Pada Jaringan Sistem Distribusi .....	34
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR ....	34

<b>Gambar 4.4</b>	<b>Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR ....</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 4.5</b>	<b>Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR ....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Sistem Distribusi PT. PLN (PERSERO) UPJ. Gresik .....	33
Tabel 4.2	Nilai Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase to Ground Fault</i> .....	38
Tabel 4.3	Nilai Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Single Line to Ground Fault</i> .....	39
Tabel 4.4	Nilai Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Line to Line Ground Fault</i> .....	39
Tabel 4.5	Nilai Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase to Ground Fault</i> Setelah Pemasangan DVR .....	43
Tabel 4.6	Nilai Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Single Line to Ground Fault</i> Setelah Pemasangan DVR .....	44
Tabel 4.7	Nilai Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Line to Line Ground Fault</i> Setelah Pemasangan DVR .....	44
Tabel 4.8	Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan DVR Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase To Ground Fault</i> .....	45
Tabel 4.9	Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan DVR Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Single Line To Ground Fault</i> .....	47
Tabel 4.10	Perbandingan Nilai Tegangan Sebelum Dan Sesudah Pemasangan DVR Saat Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Line To Line Ground Fault</i> .....	49

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Kondisi Sebelum Mengalami Gangguan (Kondisi Base Case) .....	35
Grafik 4.2	Bentuk Gelombang Ketika Terjadi <i>Voltege Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase to Ground Fault (TPGF)</i> .....	35
Grafik 4.3	Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase to Ground Fault (TPGF)</i> .....	36
Grafik 4.4	Bentuk Gelombang Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Single Line to Ground Fault (SLGF)</i> .....	36
Grafik 4.5	Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Single Line to Ground Fault (SLGF)</i> .....	37
Grafik 4.6	Bentuk Gelombang Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Line to Line Ground Fault (LLGF)</i> .....	38
Grafik 4.7	Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Line to Line Ground Fault (LLGF)</i> .....	38
Grafik 4.8	Bentuk Gelombang Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase to Ground Fault (TPGF)</i> sesudah pemasangan DVR .....	40
Grafik 4.9	Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Simetris <i>Three Phase to Ground Fault (TPGF)</i> sesudah pemasangan DVR .....	41
Grafik 4.10	Bentuk Gelombang Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Single Line to Ground Fault (SLGF)</i> sesudah pemasangan DVR .....	41
Grafik 4.11	Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Single Line to Ground Fault (SLGF)</i> sesudah pemasangan DVR .....	42
Grafik 4.12	Bentuk Gelombang Ketika Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Line to Line Ground Fault (LLGF)</i> sesudah pemasangan DVR .....	42
Grafik 4.13	Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika	

	Terjadi <i>Voltage Sag</i> Akibat Gangguan Tak Simetris <i>Line to Line Ground Fault (LLGF)</i> sesudah pemasangan DVR .....	43
Grafik 4.14	Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR <i>Three Phase to Ground Fault</i> .....	47
Grafik 4.15	Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR <i>Single Line to Ground Fault</i> .....	49
Grafik 4.16	Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR <i>Line to Line Ground Fault</i> .....	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dimassa sekarang ini perkembangan akan teknologi terus meningkat diantaranya dalam hal penggunaan peralatan listrik berkapasitas besar yang banyak dipakai dalam industri komersial, maupun rumah tangga sehingga perlu diimbangi dengan penyediaan kualitas tegangan yang baik juga. Untuk mendapatkan kualitas tegangan yang baik, diperlukan suatu penyaluran tenaga listrik yang baik, sehingga nantinya energi listrik yang dikirim atau disalurkan ke konsumen mempunyai kualitas tegangan yang baik.

Dengan semakin berkembangnya suatu sistem tenaga listrik, semakin banyak pula permasalahan-permasalahan yang terjadi, diantaranya permasalahan gangguan yang terjadi pada suatu sistem distribusi tenaga listrik seperti adanya *voltage sag*, yaitu suatu kondisi penurunan besaran tegangan efektif (rms) berkisar antara 0,1 sampai 0,9 pu selama durasi waktu dari 0,5 *cycles* hingga 1 menit. Gangguan *voltage sag* ini diakibatkan dari adanya gangguan hubung singkat dan pengasutan motor berkapasitas besar.<sup>[1]</sup>

Pada suatu jaringan distribusi tegangan sag tidak seimbang lebih sering terjadi daripada tegangan sag seimbang. Tegangan sag tiga fasa dianggap sebagai kesalahan terburuk namun pada kenyataannya hal itu jarang terjadi. Yang paling sering terjadi yaitu gangguan satu fasa ke tanah *Single Line to Ground Fault* (SLGF) dan gangguan antar fasa *Line to Line Fault* (LLF). Dalam sistem tenaga listrik 95% gangguan sag adalah dari tipe tak seimbang.<sup>[1]</sup>

Fenomena yang terjadi pada jaringan distribusi diatas juga terdapat atau dialami oleh sistem jaringan distribusi 20 kV G.I Cerme Penyulang Morowudi, maka untuk mengatasi permasalahan kondisi tegangan sag yang diakibatkan oleh adanya gangguan simetris dan tak simetris tersebut salah satunya dengan menggunakan atau memasang peralatan *FACTS* berupa *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) pada suatu sistem jaringan distribusi 20 kV G.I Cerme Penyulang Morowudi. Sehingga kedepannya dengan pemasangan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) permasalahan kondisi tegangan *sag* yang diakibatkan gangguan simetris

dan tak simetris dapat diminimalisir dan kualitas tegangan yang disalurkan menjadi baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana performa tegangan *sag* saat terjadi gangguan simetris dan tak simetris pada G.I Cerme Penyulang Morowudi.
2. Bagaimana peran *DVR* dalam mengatasi tegangan *sag* yang disebabkan oleh gangguan simetris dan tak simetris.

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan diatas, maka tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk memperbaiki/meningkatkan performa sistem akibat tegangan *sag* yang disebabkan oleh gangguan simetris dan tak simetris pada G.I Cerme Penyulang Morowudi.
2. Untuk menganalisis peran *DVR* dalam mengatasi tegangan *sag* yang disebabkan oleh gangguan simetris dan tak simetris.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari pokok perumusan masalah dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini maka penulis memberi batasan sebagai berikut :

1. *Study case* yang akan di analisa adalah PT. PLN (PERSERO) APJ. GRESIK pada sistem jaringan distribusi G.I Cerme Penyulang Morowudi.
2. Analisa serta simulasi dilakukan dengan *software PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation*
3. Mekanisme kerja *Dynamic Voltage Restorer* dalam mengatasi permasalahan kualitas tegangan.

4. Menyimpulkan hasil perbaikan tegangan pada saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan simetris dan tak simetris.
5. Pemasangan DVR pada jaringan distribusi 20 kV
6. Tidak membahas tentang masalah harmonisa

### 1.5 Sistematika Penelitian

Metodelogi yang digunakan pada penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Kajian literatur

Kajian literatur yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan. Studi literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, beberapa user manual peralatan dan dari nara sumber yang kompeten.

2. Pengumpulan data.

Bentuk data yang digunakan adalah :

- Data kuantitatif, yaitu berupa data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka guna mempermudah proses pengerjaan skripsi yaitu data beban, data saluran, data trafo.
- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini berupa *single line diagram* jaringan distribusi di G.I Cerme

3. Menganalisa data – data yang telah di kumpulkan pada sistem jaringan distribusi G.I Cerme Penyulang Morowudi.

4. Menganalisa sistem jaringan distribusi G.I Cerme Penyulang Morowudi pada saat terjadi gangguan *voltage sag* akibat gangguan simetris dan tak simetris sebelum dan sesudah pemasangan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR).

5. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil analisa data.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Pengertian tentang teori sistem tenaga listrik, voltage sag dan penjelasan tentang teori *Dynamic Voltage Restorer* (DVR).

### **BAB III : PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER* (DVR) UNTUK MEMINIMALKAN *VOLTAGE SAG* SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS**

Bab ini menjelaskan tentang kompensasi *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) untuk mereduksi *voltage sag* akibat gangguan simetris dan tak simetris.

### **BAB IV : ANALISA DATA DAN HASIL**

Bab ini berisi data dan hasil simulasi dari *PSCAD/EMTDC Power Simulation*.

### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan tentang kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari hasil skripsi ini dan saran-saran yang berguna untuk kedepan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Sebagian energi yang dibutuhkan masyarakat sekarang dipenuhi oleh energi listrik, melalui sistem tenaga listrik yang terbagi dalam tiga subsistem sebagai berikut:<sup>[12]</sup>

- a. Sistem Pembangkitan
- b. Sistem Transmisi
- c. Sistem Distribusi

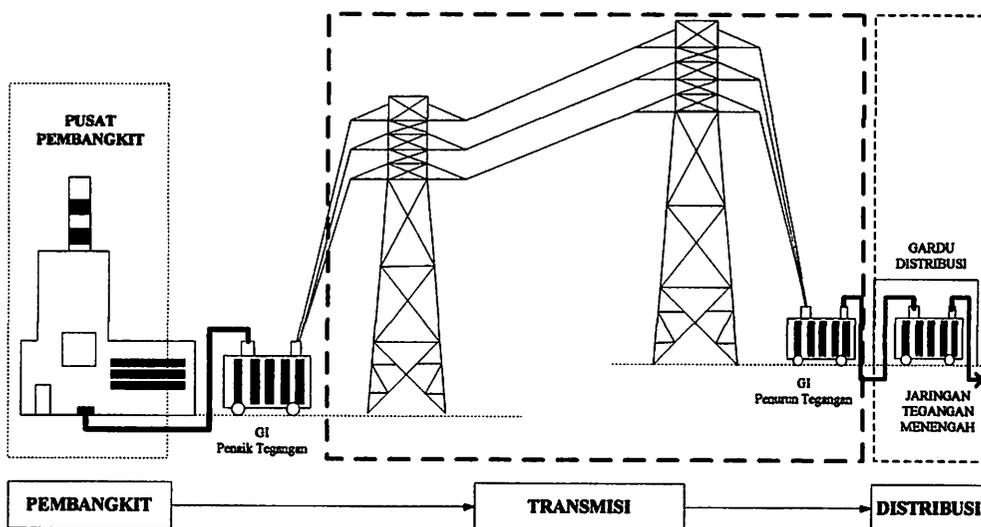
Sistem Pembangkitan Tenaga Listrik berfungsi membangkitkan energi listrik melalui berbagai macam pembangkit tenaga listrik. Pada pembangkit tenaga listrik ini sumber-sumber energi alam diubah oleh penggerak mula menjadi energi mekanis yang berupa kecepatan atau putaran yang selanjutnya energi mekanis tersebut diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Sistem transmisi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui saluran transmisi, karena ada kalanya pembangkit tenaga listrik dibangun di tempat yang jauh dari pusat-pusat bebannya, seperti misalnya pembangkit listrik tenaga air di bangun dekat sumber energi alam misalnya berupa air terjun yang jauh di pedalaman, sedangkan pusat beban atau konsumen tenaga listrik misalnya pabrik, industri, komersial, perumahan dan sebagainya kebanyakan di perkotaan. Saluran transmisi ini akan mengalami rugi-rugi tenaga, maka untuk mengatasi hal tersebut tenaga yang dikirim dari pusat pembangkit ke pusat beban harus ditransmisikan dengan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi.

Sistem Distribusi berfungsi mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen yang berupa pabrik, industri, perumahan dan sebagainya. Transmisi tenaga dengan tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi pada saluran transmisi diubah pada gardu induk menjadi tegangan menengah atau tegangan distribusi primer, yang selanjutnya tegangannya dapat diubah lagi menjadi tegangan untuk konsumen. Energi listrik pada sisi konsumen ini dapat diubah lagi menjadi energi mekanis yang terpakai melalui motor listrik untuk menggerakkan mesin-mesin

pabrik baik di pabrik maupun di industri, dan peralatan listrik di rumah tangga seperti pompa air, kipas angin, mesin pendingin dan penyejuk ruangan, untuk kompor, strika, penerangan dan sebagainya.

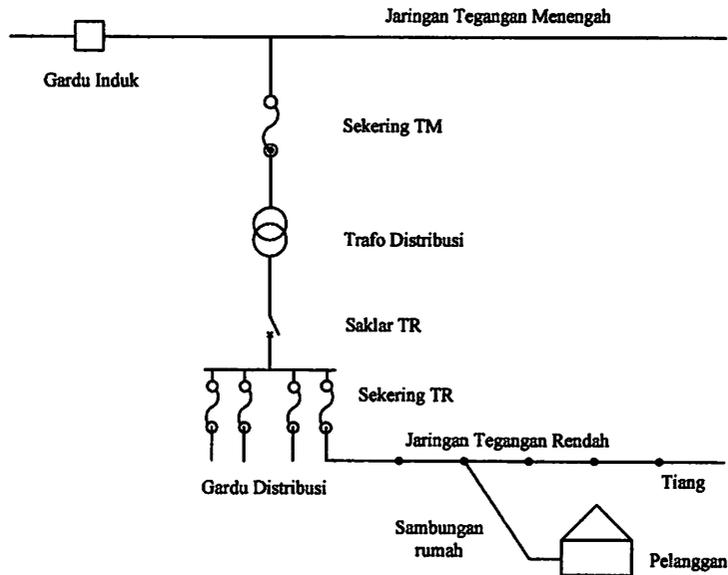
Sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi ini dapat digambarkan secara sederhana seperti gambar 2.1 dibawah ini :



Gambar 2.1 Penyaluran Sistem Tenaga Listrik

## 2.2 Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Suatu jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, peranannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau pembangkit tenaga ke konsumen melalui gardu distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi rendah, setelah itu disalurkan melalui jaringan tegangan rendah dan selanjutnya disalurkan ke pelanggan-pelanggan melalui sambungan rumah.



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sebagai mana diketahui pada sistem distribusi terdapat dua bagian yaitu distribusi primer yang mempergunakan tegangan menengah dan distribusi sekunder yang mempergunakan tegangan rendah:

### 2.2.1 Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Pusat Pembangkit Tenaga Listrik ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi tegangan menengah (JD TM) memiliki tegangan sistem sebesar 20 kV. Untuk wilayah kota tegangan diatas 20 kV tidak diperkenankan, mengingat pada tegangan 30 kV akan terjadi gejala-gejala korona yang dapat mengganggu frekuensi radio, TV, telekomunikasi, dan telepon.<sup>[9]</sup>

### 2.2.2 Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah (JD TR) merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder

ini 130/230 V dan 130/400 V untuk sistem lama, atau 230/400 V untuk sistem baru. Tegangan 130 V dan 230 V merupakan tegangan antara fasa dengan netral, sedangkan tegangan 400 V merupakan tegangan fasa dengan fasa<sup>[9]</sup>.

### **2.3 Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik**

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan daun/pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi<sup>[9]</sup>.

Klasifikasi gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi dibedakan dari dua segi yaitu :

- a. Dari jenis gangguannya
  1. Gangguan dua fasa atau tiga fasa melalui hubungan tanah
  2. Gangguan fasa ke fasa
  3. Gangguan dua fasa ke tanah
  4. Gangguan satu fasa ke tanah atau gangguan tanah
- b. Dari lamanya gangguan
  1. Gangguan permanen

Gangguan yang bersifat temporer ini apabila terjadi gangguan, maka gangguan tersebut tidak akan lama dan dapat normal kembali. Gangguan ini dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutus sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Kemudian disusul dengan penutupan kembali peralatan hubungannya. Apabila gangguan temporer sering terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen. Salah satu contoh gangguan yang bersifat temporer adalah gangguan akibat sentuhan pohon yang tumbuh disekitar jaringan, akibat binatang seperti burung kelelawar, ular dan layang-layang.

## 2. Gangguan temporer

Gangguan permanen tidak akan dapat hilang sebelum penyebab gangguan dihilangkan terlebih dahulu. Gangguan yang bersifat permanen dapat disebabkan oleh kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen. Untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut. Terjadinya gangguan ditandai dengan jatuhnya pemutus tenaga, untuk mengatasinya operator memasukkan tenaga secara manual. Contoh gangguan ini yaitu adanya kawat yang putus, terjadinya gangguan hubung singkat, dahan yang menimpa kawat phasa dari saluran udara.

### 2.3.1 Gangguan Simetris Pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan tiga fasa merupakan jenis gangguan hubung singkat simetris karena ke tiga fasa tersebut mengalami gangguan, penyebab dari adanya gangguan tiga fasa ini yaitu adanya gangguan hubung singkat atau adanya injeksi/penambahan beban-beban yang mempunyai daya besar secara tiba-tiba yang menyebabkan tegangan dan arus dalam sistem menjadi tidak stabil, selain gangguan tiga fasa disebut gangguan tak seimbang. Gangguan yang terjadi ini dapat menimbulkan arus yang sangat besar yang melewati kapasitas arus yang diijinkan serta dapat menyebabkan drop tegangan. Akibat yang ditimbulkan dari gangguan ini yaitu : Rusaknya peralatan-peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus-arus yang besar serta tegangan yang rendah, Berkurangnya stabilitas daya sistem, Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan hubung singkat tersebut sampai mengakibatkan bekerjanya CB yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.

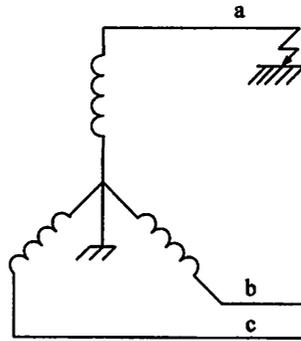
### 2.3.2 Gangguan Tak Simetris Pada Sistem Tenaga Listrik

Kebanyakan gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris. Pada gangguan ini magnitude dari tegangan serta arus

yang mengalir pada setiap fasa berbeda<sup>[11]</sup>. Gangguan tak simetris ini antara lain adalah gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah.

**2.3.2.1 Gangguan Satu Fasa ke Tanah**

Gangguan satu fasa ke tanah terjadi ketika sebuah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah<sup>[11]</sup>.



Gambar 2.3 Gangguan satu fasa ke tanah

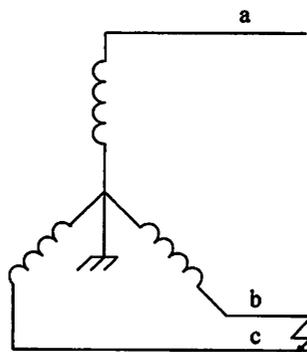
Persamaan ketika gangguan ini terjadi adalah :

$$I_b = 0 \quad I_c = 0 \quad V_a = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

**2.3.2.2 Gangguan Dua Fasa Hubung Singkat**

Gangguan dua fasa hubung singkat terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat :



Gambar 2.4 Gangguan dua fasa

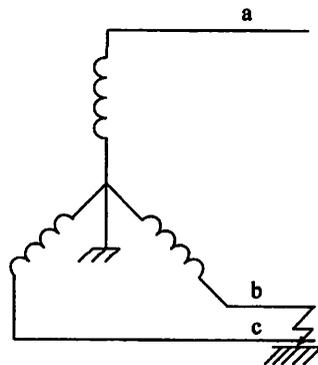
Persamaan setiap fasa ketika gangguan ini terjadi adalah :

$$V_b = V_c \quad I_a = 0 \quad I_b = -I_c \dots\dots\dots(2.3)$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2.4)$$

**2.3.2.3 Gangguan Dua Fasa Ke Tanah**

Gangguan dua fasa ke tanah terjadi ketika dua buah fasa dari sistem tenaga listrik terhubung singkat dengan tanah.



Gambar 2.5 Gangguan dua fasa ke tanah

Persamaan setiap fasa ketika gangguan ini terjadi adalah :

$$V_b = 0 \quad V_c = 0 \quad I_a = 0 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots\dots\dots(2.6)$$

**2.4 Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik**

Daya merupakan kecepatan (rate) berubahnya energi terhadap waktu dalam bentuk tegangan dan arus. Dalam sistem tenaga listrik daya terbagi dalam tiga bagian, antara lain :<sup>[13]</sup>

### 2.4.1 Daya Aktif (*Active Power*)

Daya aktif (*Active Power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut :

Untuk 1 fasa :

$$P = [ V ] [ I ] \cos \varphi \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk 3 fasa :

$$P = \sqrt{3} [ V ] [ I ] \cos \varphi \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : P = daya aktif (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

### 2.4.2 Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

Untuk 1 fasa :

$$Q = [ V ] [ I ] \sin \varphi \dots\dots\dots(2.9)$$

Untuk 3 fasa :

$$Q = \sqrt{3} [ V ] [ I ] \sin \varphi \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana : Q = daya rata-rata yang disebut juga daya reaktif (var)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

### 2.4.3 Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA.

Untuk 1 fasa :

$$S = [ V ] [ I ] \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk 3 fasa :

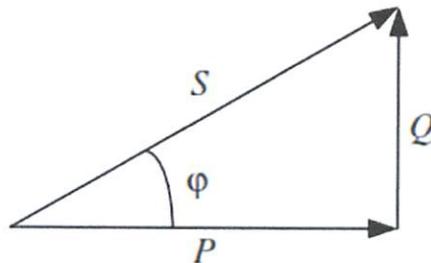
$$S = \sqrt{3} [ V ] [ I ] \dots\dots\dots(2.12)$$

## 2.5 Faktor Daya

Faktor daya atau disebut  $\cos \phi$  merupakan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu<sup>[13]</sup>.

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata (kW)}}{\text{Daya Semu (kVA)}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya nyata dan daya reaktif. Hubungan ini dapat digambarkan dalam diagram vector dibawah ini :



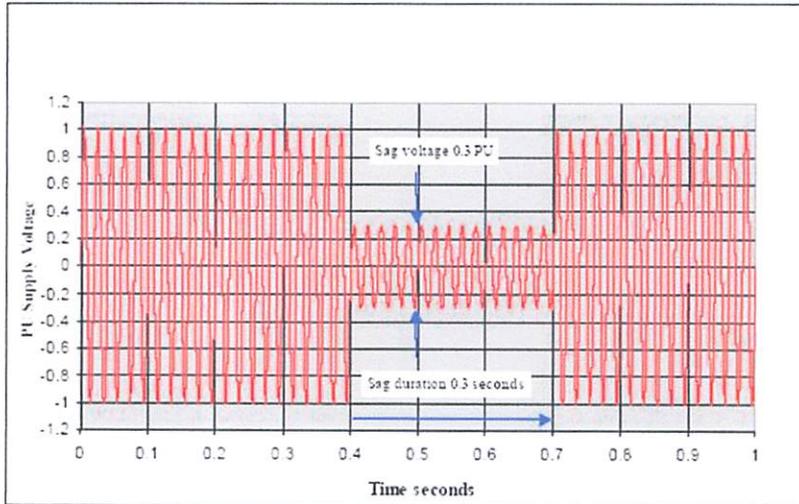
Gambar 2.6 Segitiga Daya

## 2.6 Voltage Sag ( Tegangan Sag )

*Voltage sag* atau yang sering juga disebut sebagai *voltage dip* merupakan suatu fenomena penurunan tegangan rms dari nilai nominalnya yang terjadi dalam waktu yang singkat, sekitar 10 ms sampai beberapa detik. IEC 61000-4-30 mendefinisikan *voltage sag* (dip) sebagai penurunan besar tegangan sementara pada titik di bawah nilai threshold-nya. IEEE Standard 1159-1995 mendefinisikan *voltage sag* sebagai variasi tegangan rms dengan besar antara 10% sampai 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 *cycles* sampai satu menit<sup>[2]</sup>.

Beberapa penyebab terjadinya *voltage sag* yaitu:

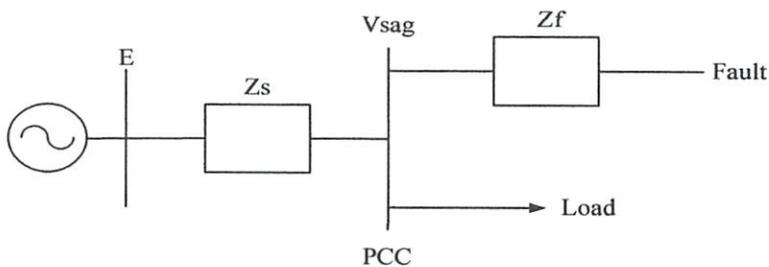
1. Starting beban-beban yang besar seperti motor listrik
2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat
4. Pengoperasian pemanas elektrik
5. Gangguan kenaikan impedansi sumber
6. Umumnya karena adanya kehilangan koneksi



Gambar 2.7 *Voltage Sag*

## 2.7 Perhitungan Nilai *Voltage Sag*

Untuk menghitung besaran *voltage sag* pada sistem radial dapat dilihat pada gambar di bawah ini.<sup>[3]</sup>



Gambar 2.8 Model Pembagi Tegangan Untuk *Voltage Sag*

Dari gambar diatas dapat dilihat adanya 2 impedansi yaitu :  $Z_s$  (impedansi sumber pada titik kopling bersama [ $\Omega$ ]) dan  $Z_f$  (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan [ $\Omega$ ]). Titik kopling bersama (*point of common coupling/PCC*) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi *off* dari arus gangguan, jadi besaran *voltage sag* dinyatakan dengan persamaan :

$$V_{\text{sag}} = \frac{z_f}{z_s+z_f} \times E \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan  $Z_f = Z_L$ , dimana :  $Z$  adalah impedansi dari saluran per unit panjang ( $\Omega$ )

$L$  adalah jarak antara kesalahan dan PCC (m).

Besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan dinyatakan dengan persamaan :

$$V_{\text{sag}} = \frac{zL}{z_s+zL} \times E \dots\dots\dots (2.15)$$

## 2.8 Peralatan - peralatan yang sensitif terhadap *Voltage Sag*

Kesensitifan peralatan terhadap kedip tegangan sangat tergantung pada jenis beban, setting pengaturan dan aplikasi. Karakteristik kedip tegangan yang paling berpengaruh pada peralatan-peralatan sensitif adalah waktu dan besaran kedip tegangan, meskipun untuk beberapa peralatan karakteristik seperti pergeseran fasa dan ketidakseimbangan juga mempengaruhi pada saat terjadi kedip tegangan.

Secara umum kesensitifan peralatan terhadap kedip tegangan dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu :

1. Peralatan yang sensitif hanya terhadap besaran kedip tegangan.

Peralatan yang termasuk kategori ini seperti *relay undervoltage*, peralatan kontrol proses, pengaturan motor dan mesin-mesin otomatis.

2. Peralatan yang sensitif terhadap besaran dan lama kedip tegangan.

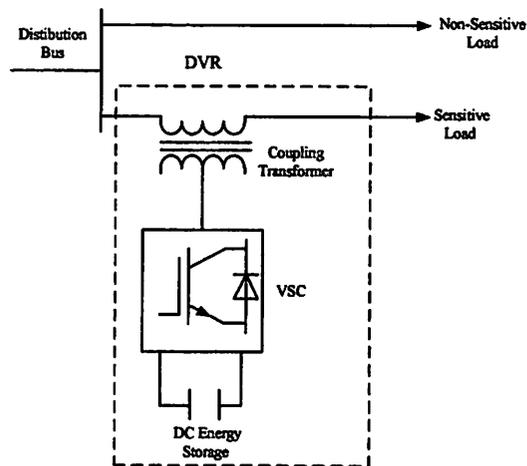
Peralatan yang termasuk pada kategori ini adalah peralatan-peralatan yang menggunakan komponen elektronika daya.

3. Peralatan yang sensitif terhadap karakteristik lain

Beberapa peralatan seperti motor induksi, dapat dipengaruhi oleh karakteristik kedip tegangan selain daripada besaran dan lama terjadinya kedip tegangan, seperti ketidakseimbangan fasa selama terjadinya kedip tegangan dan osilasi *transient* selama terjadinya gangguan<sup>[6]</sup>.

## 2.9 Model *Dynamic Voltage Restorer*

*Dynamic Voltage Restorer* (DVR) merupakan perangkat elektronika daya yang dihubungkan secara seri pada sistem distribusi, seperti ditunjukkan pada gambar 2.9. Komponen dari DVR yaitu *Injection/coupling transformers*, *Voltage Sources Converter (VSC)*, *Filter*, *Energi Storage* dan *Control System*<sup>[3]</sup>.

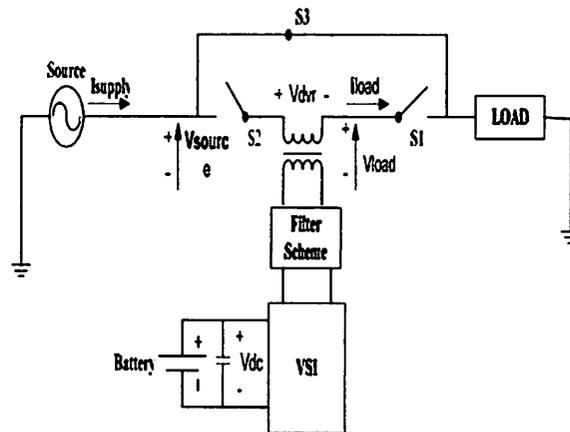


Gambar 2.9 Model DVR

*Dynamic Voltage Restorer* (DVR) pertama kali digunakan pada tahun 1996, yang pada kondisi normalnya pemasangannya diletakkan pada sistem distribusi yakni antara sumber (supply) dan beban yang kritis / mengalami gangguan (critical load)<sup>[4]</sup>. *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) adalah salah satu peralatan yang digunakan untuk melindungi beban sensitive terhadap penurunan tegangan sesaat. *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) memiliki tiga kondisi operasi, yaitu :

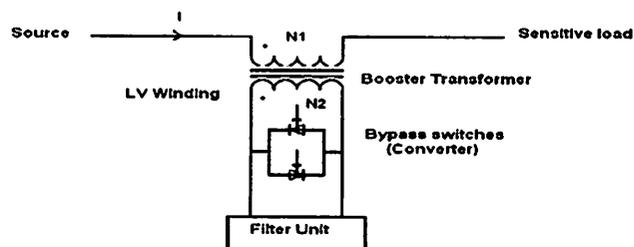
- a. *Protection Mode*, dalam skema modus proteksi, saklar bypass dapat digunakan sebagai alat perlindungan untuk melindungi DVR dari saat sisi beban ini mengalami gangguan pada beban saat lonjakan arus besar. DVR dapat dilindungi oleh tindakan bypass switch dengan

menyediakan jalan lain untuk arus tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini<sup>[7]</sup>.



Gambar 2.10 Protection Mode

- b. *Standby* (dapat juga disebut dengan *Short Circuit Operation (SCO)*), suatu kondisi dimana tidak terjadi *voltage sag* dan tegangan yang diinjeksikan memiliki magnitude nol (*Zero Magnitude*)<sup>[8]</sup>.



Gambar 2.11 Standby Mode<sup>[10]</sup>

- c. *Boost* (bila *DVR* menginjeksi suatu tegangan yang diperlukan pada magnitude dan fasa yang sesuai untuk memperbaiki tegangan pada bus beban (*load bus*) disaat terjadi *voltage sag*)<sup>[8]</sup>.

## 2.10 Prinsip Kerja *Dynamic Voltage Restorer*

Prinsip kerja *DVR* adalah menerima dan memproses sinyal error dari sumber, hasilnya kemudian dimasukan ke *PWM Inverter* tiga fasa pada rangkaian utama dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal error

antara tegangan beban dengan tegangan referensi jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*). Sinyal error ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*. Output dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian switching yang terdiri atas 6 IGBT. Tegangan keluaran arus bolak balik yang dihasilkan oleh PWM-inverter akan dinaikan tegangan oleh *injection/coupling transformer* untuk mengkompensasi *voltage sag* yang terjadi pada beban kritis (*critical load*).<sup>[5]</sup>

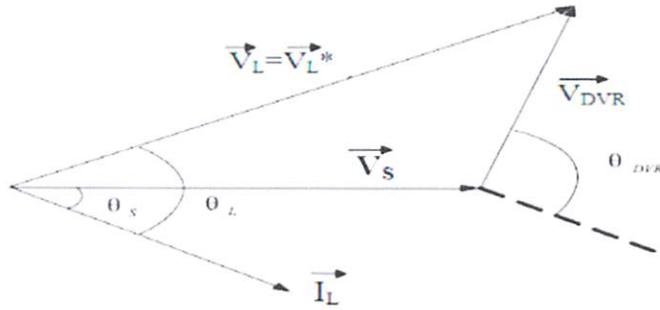
## 2.11 Metode Injeksi Tegangan Pada *Dynamic Voltage Restorer*

Dimana cara yang digunakan oleh *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) selama keadaan injeksi tegangan tergantung pada beberapa faktor pembatas seperti : rating daya DVR, kondisi beban, dan jenis tegangan *sag*. Sebagai contoh, beberapa beban sensitif terhadap perubahan sudut fasa, beberapa yang sensitif terhadap perubahan magnitude tegangan dan ada beberapa yang lain toleran terhadap semua gangguan tersebut. Oleh karena itu strategi pengendalian yang diterapkan tergantung pada karakteristik beban. Ada empat metode yang berbeda dari injeksi tegangan DVR<sup>[10]</sup>.

### 2.11.1 *Pre-Sag/Dip Compensation* (PDC)

Metode *pra-sag* melacak tegangan suplai terus menerus dan jika mendeteksi gangguan apapun maka tegangan akan menyuntikkan perbedaan tegangan antara *sag* atau tegangan di PCC dan kondisi pra-gangguan. Dengan cara ini, tegangan beban dapat dipulihkan kembali ke kondisi pra-gangguan. Kompensasi dari tegangan *sag* dalam sudut fasa dan amplitudo pada beban sensitif harus dicapai dengan metode kompensasi *pra-sag*. Dalam metode ini, daya aktif disuntikkan oleh DVR tidak dapat dikendalikan dan ditentukan oleh kondisi eksternal seperti jenis kesalahan dan kondisi beban. Gambar dibawah ini menunjukkan diagram vektor satu fasa dari metode kompensasi ini.<sup>[10]</sup>

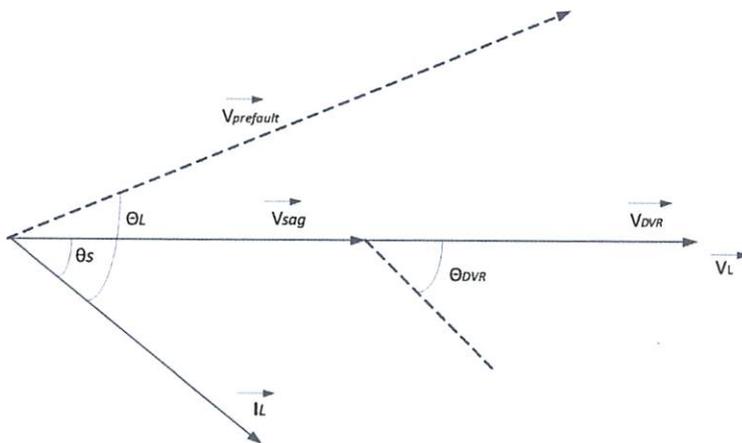
$$(V_{DVR} = V_{Prefault} - V_{sag})$$



Gambar 2.12 Diagram Vektor Satu Fasa dari Metode PDC

### 2.11.2 In-Phase Compensation Method (IPC)

Ini adalah metode dengan lurus ke depan. Dalam metode ini tegangan disuntikkan dalam fase dengan tegangan PCC terlepas dari arus beban dan tegangan pra-gangguan. Pada sudut fasa dari pra-sag dan tegangan beban yang berbeda tetapi perhatian ditempatkan pada mempertahankan tegangan besarnya konstan pada beban. Salah satu keuntungan dari metode ini adalah bahwa amplitudo tegangan injeksi DVR minimum untuk sag tegangan tertentu dibandingkan dengan strategi lainnya. Aplikasi praktis dari metode ini adalah beban yang tidak sensitif terhadap lonjakan sudut fasa. Gambar dibawah ini menunjukkan diagram vektor satu fasa dari metode ini.



Gambar 2.13 Diagram Vektor Satu Fasa dari Metode IPC<sup>[14]</sup>

## BAB III

### PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)* UNTUK MEMINIMALKAN *VOLTAGE SAG* SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS

#### 3.1 *Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation*

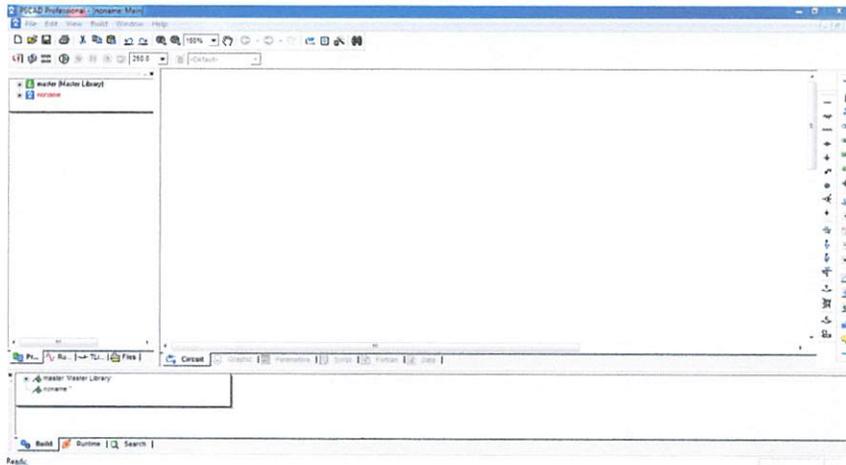
*PSCAD (Power System Computer Aided Design)* adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. *PSCAD* memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan *PSCAD/EMTDC*:

- *Resistors, inductors, capacitors*
- *Mutually coupled windings, such as transformers*
- *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world)*
- *Current and voltage sources*
- *Switches and breakers*
- *Protection and relaying*
- *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs*
- *Analog and digital kontrol functions*
- *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models*
- *Meters and measuring functions*
- *Generic DC and AC controls*
- *HVDC, SVC, and other FACTS controllers*
- *Wind source, turbines and governor*

### 3.1.1 Tampilan Layar Utama *Software PSCAD/EMTDC*

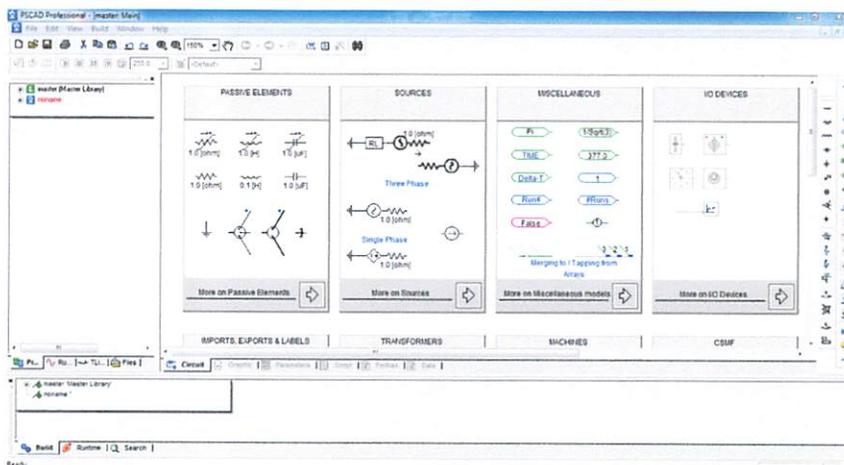
Untuk memulai PSCAD, pilih Start| Program| PSCAD pada layar menu start. Berikut ini adalah tampilan pada layar utama pada software PSCAD/EMTDC yang akan digunakan untuk melakukan analisa.



Gambar 3.1 Tampilan Utama *Software PSCAD/EMTDC*

### 3.1.2 Tampilan Master Library pada *Software PSCAD/EMTDC*

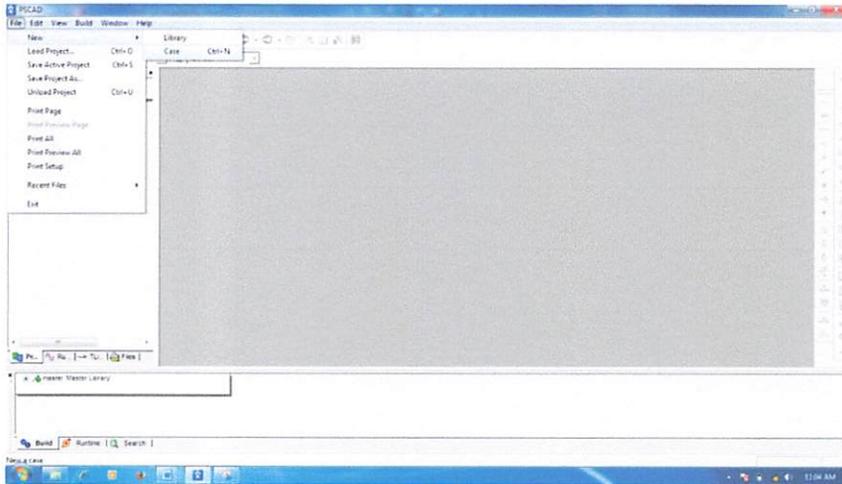
Berikut ini adalah tampilan master library pada layar utama software PSCAD/EMTDC yang akan digunakan untuk melakukan analisa.



Gambar 3.2 Tampilan Master Library pada *Software PSCAD/EMTDC*

### 3.1.3 Tampilan Lembar Kerja Baru pada *Software PSCAD/EMTDC*

Untuk memulai lembar kerja baru pada PSCAD maka, pilih File | New | Case, pada layar menu. Berikut ini adalah tampilan lembar kerja baru pada software PSCAD/EMTDC yang akan digunakan untuk melakukan analisa.



Gambar 3.3 Tampilan Lembar Kerja Baru pada *Software PSCAD/EMTDC*

## 3.2 *Dynamic Voltage Restore*

Pada skripsi ini untuk mengatasi permasalahan *voltage sag* akibat adanya gangguan simetris dan tak simetris maka digunakan *Dynamic Voltage Restorer* yang memiliki komponen utama serta memiliki fungsi masing-masing :

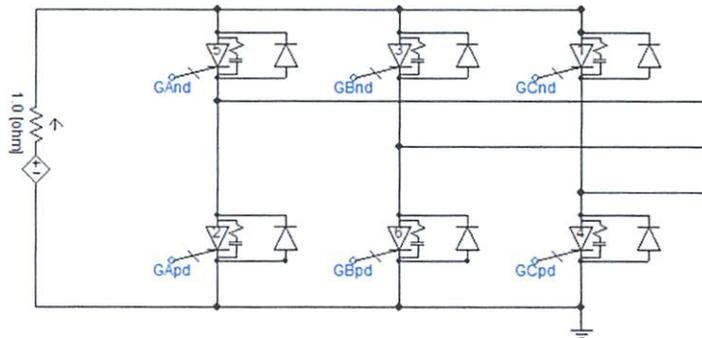
- *Energy Storage*
- *Voltage Source Converter*
- Sistem Kontrol ( Kontrol PWM dan Kontrol Pengendali P.I )
- *Injection / Coupling Transformator*

### 3.2.1 *Energy Storage*

*Energy storage* (Penyimpan Energi) digunakan untuk penyimpanan energi dalam bentuk DC. *Flywheel*, *Batteries*, *Superconducting Magnetic Energy Storage* (SMES) dapat digunakan sebagai perangkat penyimpanan energi. Ini akan memberikan kebutuhan daya aktif sistem saat DVR digunakan untuk kompensasi<sup>[10]</sup>.

### 3.2.2 Voltage Source Converter

*Voltage Source Converter* adalah sistem elektronik daya yang terdiri dari perangkat switching seperti : *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET), *Gate Turn Off Thyristors* (GTO), *Insulated Gate Bipolar Transistors* (IGBT), dan *Integrated Gate Commutated Thyristors* (IGCT), dimana semua dapat menghasilkan tegangan sinusoidal pada frekuensi, magnitude, dan sudut fasa yang diperlukan. Biasanya *Voltage Source Converter* tidak hanya digunakan untuk mitigasi dip tegangan, tetapi juga untuk masalah kualitas daya lainnya, misalnya flicker dan harmonisa<sup>[10]</sup>. Untuk skripsi ini menggunakan *Voltage Source Converter* (VSC) dengan perangkat switching yaitu *Gate Turn Off Thyristors* (GTO). Fungsi dasar dari VSC adalah untuk mengkonversi tegangan searah (DC) yang dihasilkan oleh piranti penyimpan energi (*energy storage device*) menjadi tegangan arus bolak-balik (*AC*) yang dibutuhkan oleh *injection/coupling transformer* untuk mengkompensasi tegangan pada saat terjadinya *voltage sag*.



Gambar 3.4 Rangkaian VSC pada DVR

### 3.2.3 Kontrol Pengendalian PWM Sinusoidal<sup>[15]</sup>

#### 3.2.3.1 PWM Sinusoidal

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasarkan PWM berkenaan dengan DVR diterangkan pada bagian ini. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara magnitude tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan rms di titik beban tidak dibutuhkan pengukuran daya reaktif. Strategi penyakelaran VSC

adalah didasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal, yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan rms pengukuran di titik beban. pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan ( $\delta$ ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut ( $\delta$ ). Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dalam rangka menghasilkan sinyal penyakelaran untuk VSC. Parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi ( $m_a$ ) pada sinyal  $V_{control}$ , dan sinyal segitiga pada index modulasi frekuensi ( $m_f$ ). Index Amplitudo  $M_a$  dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan tinggi pada pengontrol keluaran. Frekuensi switching ditetapkan pada 450 Hz,  $M_f = 9$ , dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. Untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut  $120^\circ$  dan  $240^\circ$ . Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi.

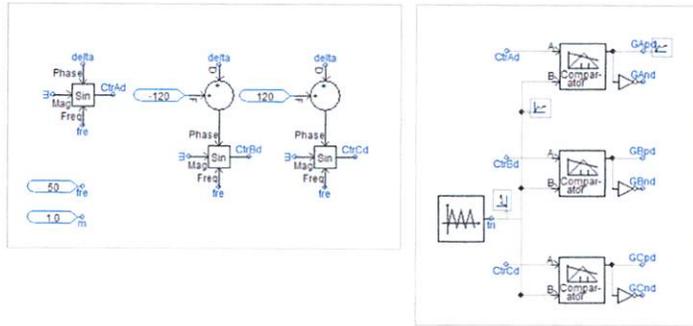
### 3.2.3.2 Kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*)

Kontrol modulasi lebar pulsa berfungsi untuk memicu sinyal pada komponen *Gate* GTO, pada rangkaian modulasi lebar pulsa terdiri dari 3 bagian yaitu sinyal gelombang segitiga (*triangular*), pembangkit tegangan (*comparator*), dan rangkaian pemicu.

Cara kerja dari rangkaian modulasi lebar pulsa tersebut adalah dengan cara membandingkan sinyal gelombang segitiga (*triangular*) dengan gelombang sinus yang diperoleh dari output rangkaian kontrol.

Sinyal gelombang segitiga dan sinyal gelombang sinus output dari rangkaian kontrol akan melalui suatu *comparator* yang keluarannya berupa sinyal gelombang segiempat, sinyal inilah yang kemudian dipicukan pada *Gate* dari komponen GTO yang ada pada *VSC (Voltage Source Converter)*.

Rangkaian VSC disuplay dengan tegangan DC (*Energy Storage*), keluaran tegangan dari VSC akan diinjeksi ke sistem sehingga tegangan yang sebelumnya mengalami penurunan sesaat akan dapat dikompensasi.

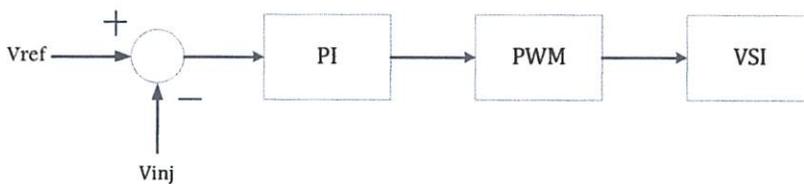


Gambar 3.5 Rangkaian modulasi lebar pulsa (PWM)

### 3.2.4 Kontrol Pengendali *Proporsional Integral* (PI)

#### 3.2.4.1 Sistem Kontrol

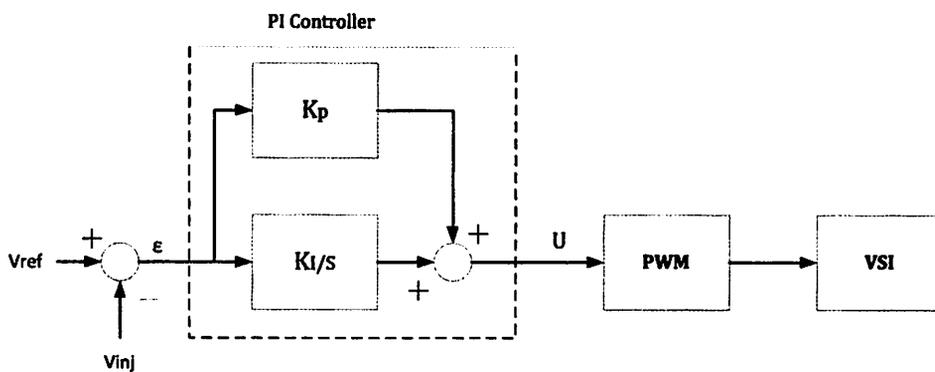
Tujuan dari sistem kontrol ialah untuk memelihara konstanta magnitud tegangan pada titik dimana beban sensitive terhubung, pada sistem yang terganggu. Sistem kontrol konfigurasi umum biasanya terdiri dari metode koreksi tegangan yang menentukan tegangan referensi yang harus diinjeksikan oleh DVR dan kontrol VSI dimana dalam proses ini terdiri dari PWM dengan pengendali PI. Masukan pengendali adalah sebuah sinyal *error* yang diberikan oleh tegangan referensi dan nilai dari tegangan yang terinjeksi (Gambar 3.6). Kesalahan tersebut diproses oleh pengendali PI lalu output disediakan untuk PWM sinyal generator yang mengontrol inverter DVR untuk menghasilkan tegangan yang diperlukan.<sup>[16]</sup>



Gambar 3.6 Dasar Pengendali PI

### 3.2.4.2 Pengendali PI Konvensional

Alasan dibalik luasnya penggunaan dari pengendali *Proporsional Integral* (PI) adalah keefektifan dalam mengontrol *steady state error* pada sebuah sistem pengendali, selain itu pengendalian *Proporsional Integral* (PI) juga mudah diimplementasikan. Akan tetapi, salah satu kerugian dari kompensator konvensional ini adalah ketidakmampuan untuk meningkatkan respon transien pada sistem. Pengendali PI konvensional (Gambar 3.7) mempunyai kesamaan. Dimana  $U$  adalah kontrol output yang terhubung dengan pembuat sinyal PWM.  $K_p$  dan  $K_I$  adalah *proporsional* dan *integral* yang masing-masing akan meningkat, akan tetapi peningkatan tersebut tergantung pada parameter sistem.  $\epsilon$  adalah sinyal *error*, dimana sinyal *error* tersebut dapat diketahui dari perbedaan tegangan yang diinjeksikan dan tegangan referensi.



Gambar 3.7 Kontrol Tegangan Terinjeksi Menggunakan Pengendali PI Konvensional

$$U(t) = K_p \epsilon(t) + K_I \int_T \epsilon(t) d(t) \dots \dots \dots (3.1)$$

Persamaan 3.1 menunjukkan bahwa pengendali PI (*Proporsional Integral*) memperkenalkan sebuah kutub pada seluruh sistem *feedback* (umpan balik), karena itu, membuat sebuah perubahan dalam tempat aslinya. Secara analitis kutub tersebut memperkenalkan sebuah perubahan dalam respon/tanggapan sebuah sistem kontrol. Dampak dari pengurangan *steady state error*. Selain itu, konstanta  $K_p$  dan  $K_I$  menentukan stabilitas dan transien respon dari suatu sistem,

dimana konstanta-konstanta tersebut mengandalkan seluruh bidang dari tulisannya.

$$K_P \in [K_P \text{ min}, K_P \text{ max}] \text{ and } K_I \in [K_I \text{ min}, K_I \text{ max}] \dots \dots \dots (3.2)$$

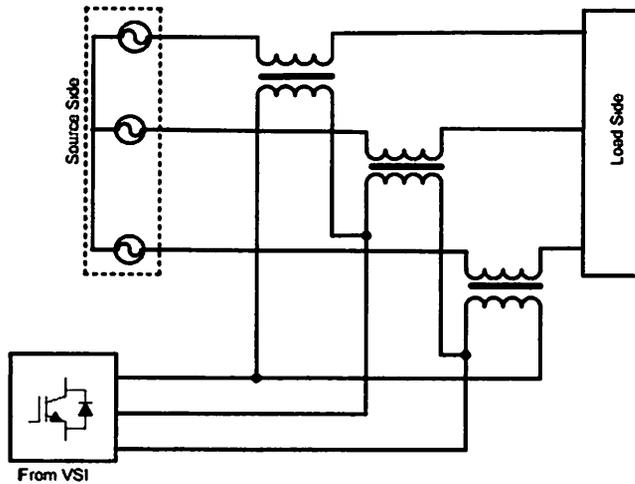
Dimana nilai dari maksimum dan minimum konstanta PI (*proporsional dan integral*) secara praktis dievaluasi melalui eksperimen dan menggunakan beberapa teknik iterasi. Hal ini membuat desain dari pengendali PI (*proporsional integral*) konvensional bergantung dari pengetahuan yang tinggi. Ketika konstanta kompensator melebihi dari nilai yang diizinkan, sistem kontrol mungkin akan mengalami sebuah kondisi *un steady state* (kondisi tidak stabil). Setelah penetapan wilayah dari konstanta *proporsional* dan *integral*, pengaturan dari nilai *instantaneous* (sekejap) dari konstanta yang terjadi. Bergantung pada nilai sinyal *error*  $\epsilon$ , nilai dari konstanta diatur dari sebuah sistem kontrol adaptif. Konstanta  $K_p$  dan  $K_i$  dirubah untuk meyakinkan bahwa *steady state error* dari sistem dapat dikurangi sampai minimum tetapi tidak sampai bernilai 0.<sup>[16]</sup>

### 3.2.5 Injection / Coupling Transformer

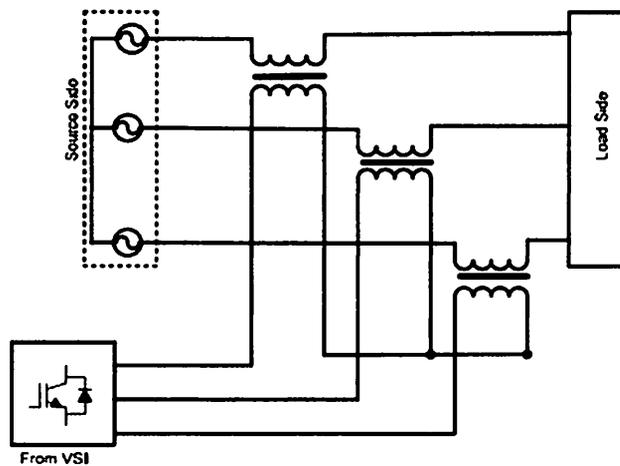
*Injection / Coupling transformer* memiliki dua tujuan yaitu menghubungkan DVR ke jaringan distribusi melalui sisi HV dan menggandeng injeksi tegangan kompensasi yang dihasilkan oleh *voltage source converter* (VSC) secara seri dengan sumber tegangan masuk<sup>[10]</sup>. Fungsi dasar dari *injection/coupling transformer* adalah sebagai isolasi elektrik serta untuk menaikkan suplai tegangan AC yang rendah yang dihasilkan oleh VSC untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan.

Hubungan *delta/open* tidak menghasilkan injeksi tegangan urutan nol (*zero sequence voltage*). Pemilihan kumparan transformator injeksi (*injection transformers*) ditentukan oleh hubungan transformator penurun tegangan (*step down transformers*) yang diumpan balikkan ke beban. Jika transformator dihubungkan secara *delta/open* maka tidak perlu mengkompensasi tegangan urutan nol (*zero sequence voltage*), namun jika yang digunakan adalah hubungan

*star/open* dengan pentanahan pada titik netral tegangan urutan nol harus dikompensasi<sup>[8]</sup>.



(a)



(b)

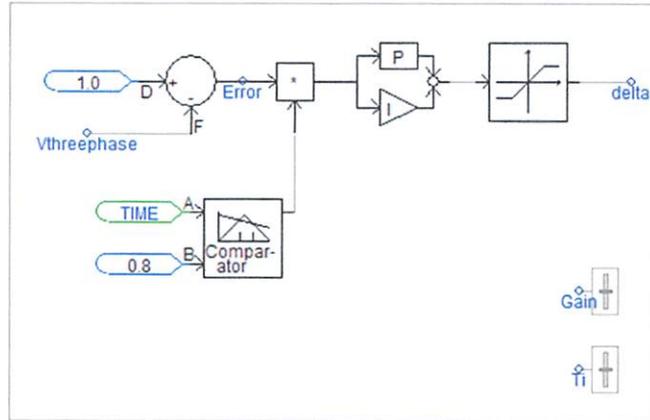
Gambar 3.8 Model *Injection / Coupling Transformer*<sup>[7]</sup>

(a) Transformator tiga fase tunggal terhubung *star/open*

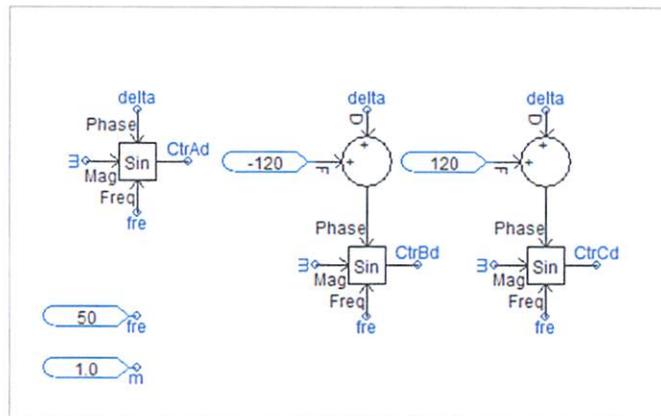
(b) Transformator tiga fase tunggal terhubung *delta/open*

### 3.3 Bentuk Rangkaian Kontrol DVR pada PSCAD/EMTDC

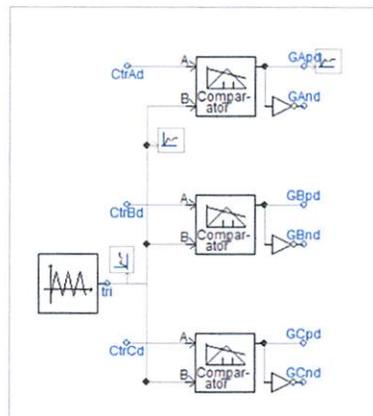
Bentuk rangkaian kontrol pada DVR yang digunakan pada skripsi ini yaitu seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.9 Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan DVR



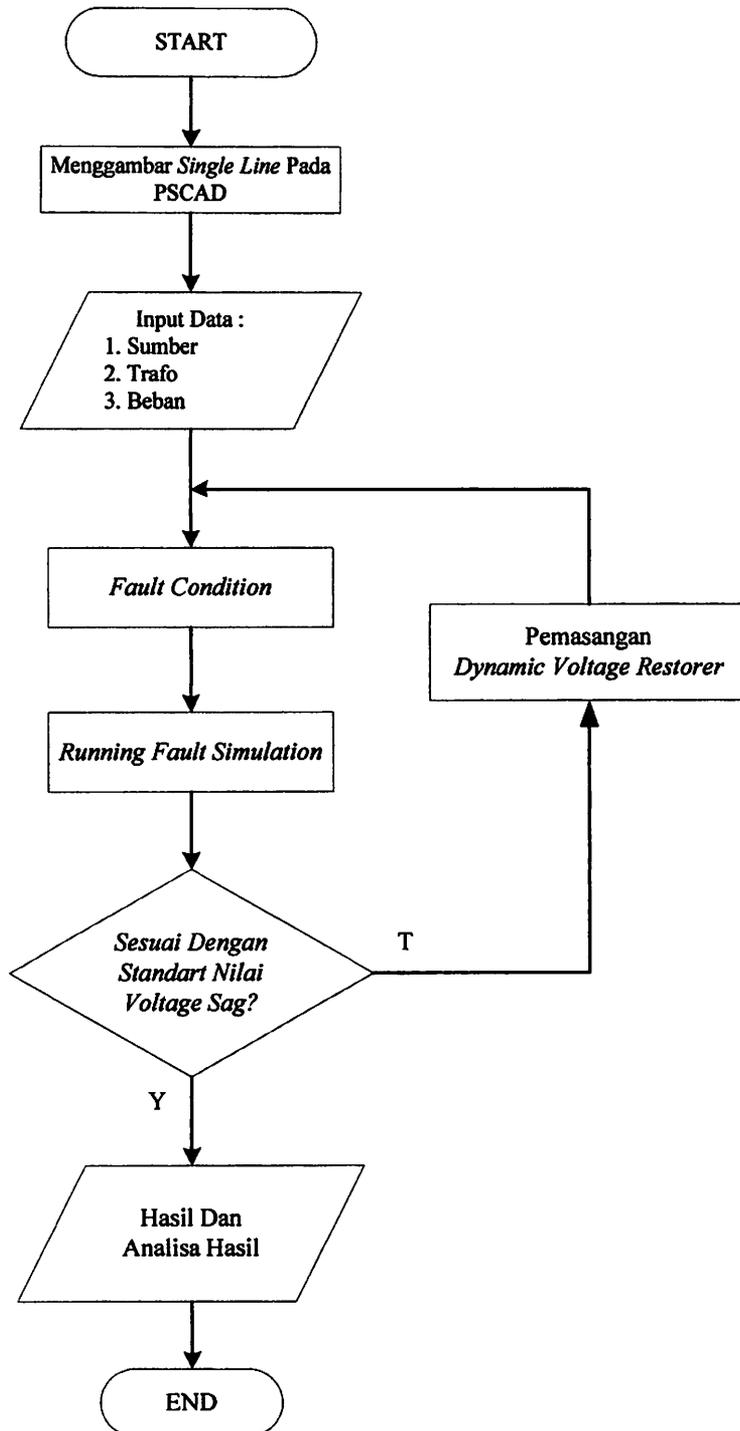
Gambar 3.10 Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan DVR



Gambar 3.11 Rangkaian PWM Untuk Mengendalikan DVR

### 3.4 Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

#### 3.4.1 Flowchart Penyelesaian Masalah



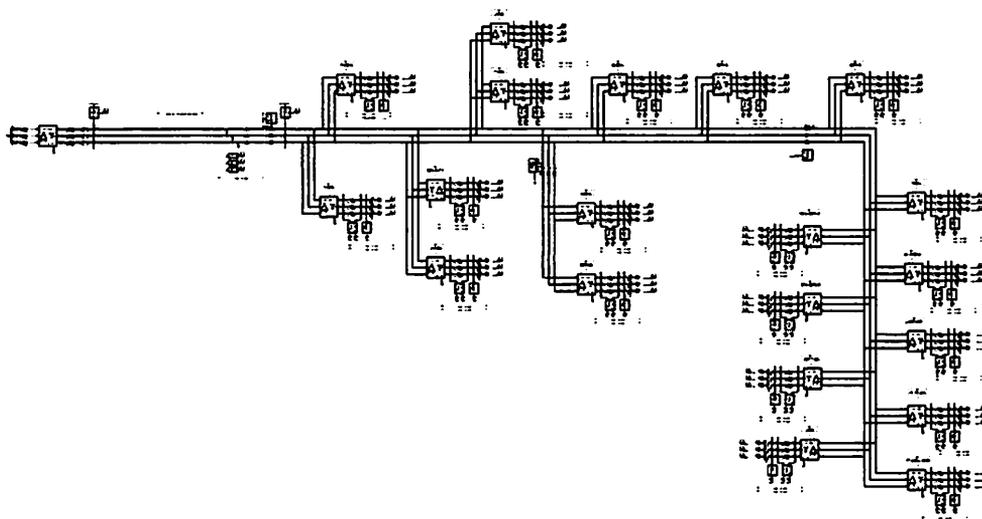
Gambar 3.12 Flowchart penyelesaian masalah

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN HASIL

#### 4.1 *Single Line* Sistem Distribusi GI. Cerme

Sebelum melakukan analisa dengan menggunakan software *PSCAD Power Simulation*, maka gambar *single line* sistem distribusi yang sudah ada digambarkan ulang ke dalam lembar kerja yang ada pada software *PSCAD Power Simulation* terlebih dahulu. Selanjutnya memasukkan data-data serta mensimulasikan sesuai dengan langkah-langkah kerja dan melakukan analisa hasil. Berikut *single line* sistem distribusi GI. Cerme Penyulang Morowudi yang digambarkan menggunakan software *PSCAD/EMTDC Power Simulation*.



Gambar 4.1 *Single Line* Sistem Distribusi GI. Cerme Penyulang Morowudi Dalam *PSCAD*

#### 4.2 Data Sistem Distribusi PT. PLN (PERSERO) UPJ. Gresik

Sebelum melakukan analisa hasil sangat diperlukannya data-data yang berasal dari hasil penelitian lapangan, setelah semua data tercukupi maka selanjutnya melakukan pengisian data pada rangkaian *single line* yang selesai digambarkan, berikut ini untuk datanya :

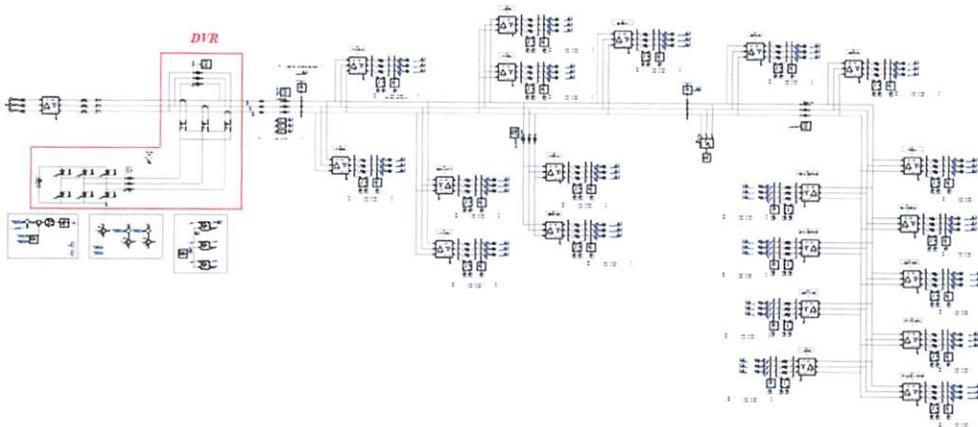
Tabel 4.1. Data Sistem Distribusi PT. PLN (PERSERO) UPJ. Gresik

No	Trafo. Nama Daerah	Kapasitas Trafo (kVA)	Beban Trafo (kVA)
1	Tambak Beras	360	194
2	Padeg	260	87
3	Global Mandiri	100	66
4	Cerme Lor	410	238
5	Semampir	150	83
6	Jambu	175	65
7	Pandu	150	61
8	Jono	175	61
9	Wedani	410	188
10	Iker2	175	70
11	Gedang Kulut	350	191
12	Cerme Kidul	550	286
13	Tegal Suruh Cerme	250	89
14	CV Megah Jaya	150	131
15	PDAM Cerme	1600	1345
16	STM Cerme	100	66
17	PT Tri Era	1200	1110
18	Betiting	160	99
19	Iker – Iker Geger	100	45
20	PT Hasil Abadi Perdana	1000	800

### 4.3 Solusi Perbaikan Tegangan Sag Akibat Gangguan Simetris dan Tak Simetris

*Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation* merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerful*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada GI. Cerme dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan menggunakan *software PSCAD*.

#### 4.4 *Single Line* Dengan Pemasangan DVR

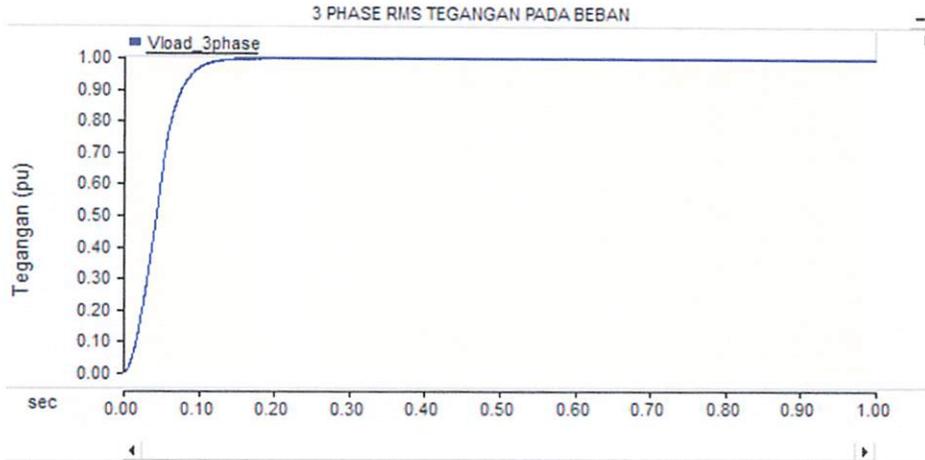


Gambar 4.2 Penempatan DVR Pada Jaringan Sistem Distribusi

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) pemasangannya dihubungkan secara seri pada jaringan sistem distribusi, dan untuk skripsi ini penempatan lokasi gangguannya ditentukan/ditempatkan pada bagian tengah jaringan sistem distribusi.

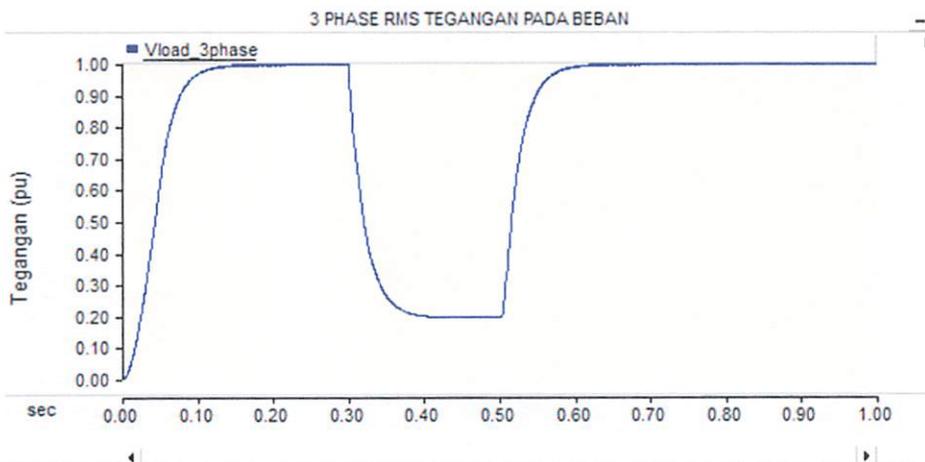
#### 4.5 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi DVR (Kondisi *Base Case*)

Pada kondisi awal sistem belum mengalami gangguan *sag* seimbang dan tak seimbang sehingga komponen DVR tidak melakukan kompensasi. Sehingga tegangan masih berkisar 1.0 pu (kondisi *base case*).



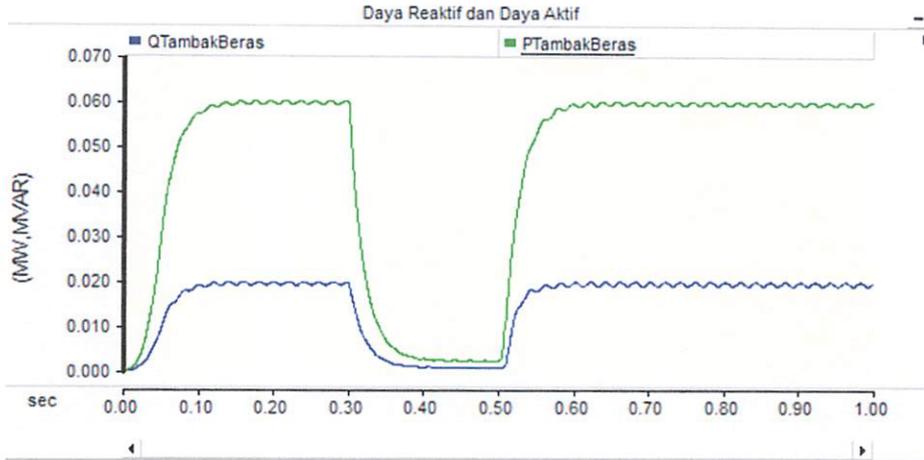
Grafik 4.1 Kondisi sebelum mengalami gangguan (Kondisi *Base Case*)

#### 4.5.1 Profil Tegangan Mengalami *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris (*Three Phase to Ground Fault*) dengan durasi waktu (0.3 - 0.5s)



Grafik 4.2 Bentuk Gelombang Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris *Three Phase to Ground Fault* (TPGF).

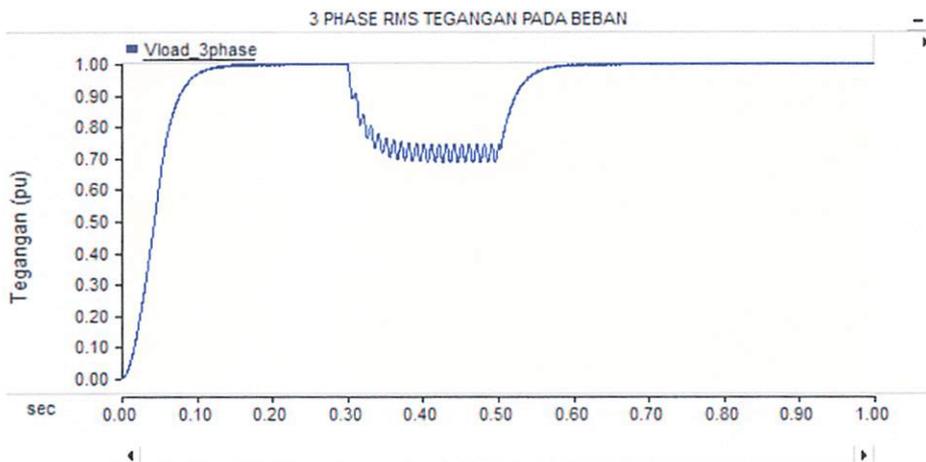
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan mengalami penurunan (*voltage sag*) dengan nilai berkisar 0.19 pu yang diakibatkan oleh adanya gangguan simetris (*Three Phase to Ground Fault*).



Grafik 4.3 Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris *Three Phase to Ground Fault (TPGF)*.

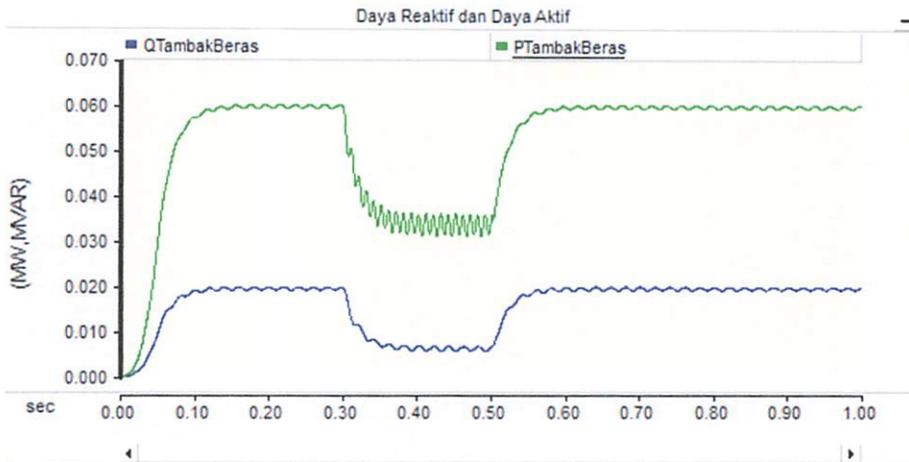
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa bila tegangan mengalami penurunan (*voltage sag*) yang diakibatkan oleh adanya gangguan simetris (*Three Phase to Ground Fault*) maka daya reaktif dan daya aktif juga akan ikut mengalami penurunan juga.

#### 4.5.2 Profil Tegangan Mengalami *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris (*Single Line to Ground Fault*) dengan durasi waktu (0.3-0.5s)



Grafik 4.4 Bentuk Gelombang Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Single Line to Ground Fault (SLGF)*.

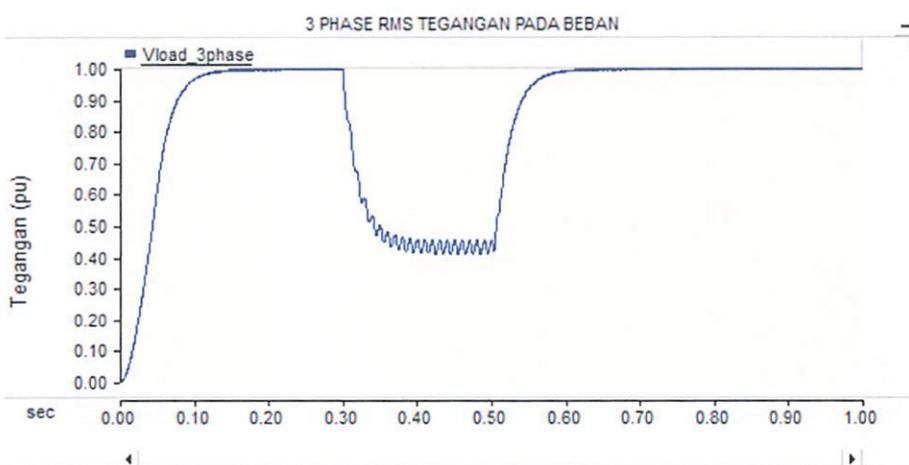
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan mengalami penurunan (*voltage sag*) dengan nilai berkisar 0.71 pu yang diakibatkan oleh adanya gangguan tak simetris (*Single Line to Ground Fault*).



Grafik 4.5 Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Single Line to Ground Fault* (SLGF).

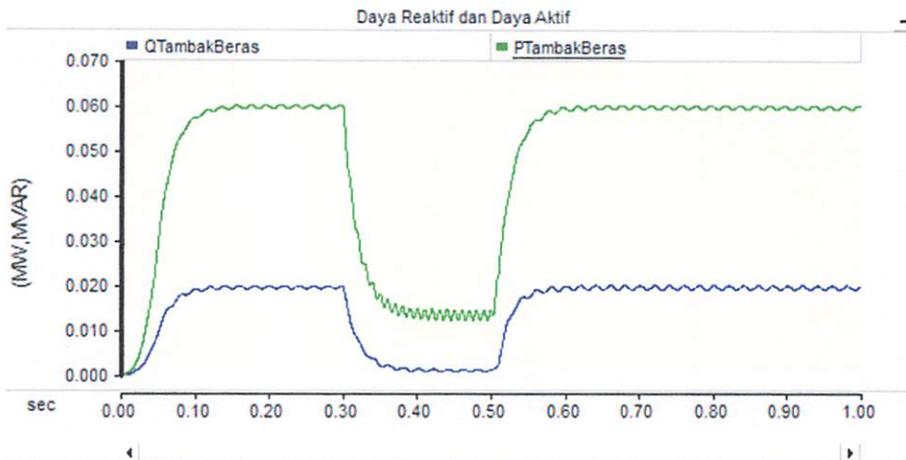
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa bila tegangan mengalami penurunan (*voltage sag*) yang diakibatkan oleh adanya gangguan tak simetris (*Single Line to Ground Fault*) maka daya reaktif dan daya aktif juga akan ikut mengalami penurunan juga.

#### 4.5.3 Profil Tegangan Mengalami *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris (*Line to Line Ground Fault*) dengan durasi waktu (0.3 - 0.5s)



Grafik 4.6 Bentuk Gelombang Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Line to Line Ground Fault (LLGF)*.

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan mengalami penurunan (*voltage sag*) dengan nilai berkisar 0.44 pu yang diakibatkan oleh adanya gangguan tak simetris (*Line to Line Ground Fault*).



Grafik 4.7 Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Line to Line Ground Fault (LLGF)*.

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa bila tegangan mengalami penurunan (*voltage sag*) yang diakibatkan oleh adanya gangguan tak simetris (*Line to Line Ground Fault*) maka daya reaktif dan daya aktif juga akan ikut mengalami penurunan juga.

Untuk mengetahui besaran nilai gangguan pada masing-masing kondisi sebelum diinjeksi dengan DVR dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

Tabel 4.2 Nilai Gangguan Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris *Three Phase to Ground Fault*

No	Trafo. Nama Daerah	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.19488	2.15649	0.79373
2	Padeg	0.19579	0.96652	0.35513
3	Global Mandiri	0.19520	0.72956	0.27015
4	Cerme Lor	0.19463	2.61832	0.96038
5	Semampir	0.19534	0.93067	0.34190
6	Jambu	0.19579	0.73382	0.27147
7	Pandu	0.19576	0.66672	0.24751
8	Jono	0.19588	0.66750	0.24775

9	Wedani	0.19507	2.09357	0.77134
10	Iker2	0.19568	0.76498	0.28305
11	Gedang Kulut	0.19487	2.12480	0.78186
12	Cerme Kidul	0.19448	3.15005	1.15371
13	Tegal Suruh Cerme	0.19565	1.00050	0.37047
14	CV Megah Jaya	0.19345	1.43767	0.53110
15	PDAM Cerme	0.18947	14.41959	5.05752
16	STM Cerme	0.19514	0.72943	0.26989
17	PT Tri Era	0.19023	11.96592	4.23512
18	Betiting	0.19508	1.09299	0.40429
19	Iker – Iker Geger	0.19567	0.49682	0.18349
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.19174	8.72224	3.12252

Tabel 4.3 Nilai Gangguan Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Single Line to Ground Fault*

No	Trafo. Nama Daerah	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.71358	35.25286	5.83375
2	Padeg	0.71691	15.86920	2.59243
3	Global Mandiri	0.71458	11.97574	1.96781
4	Cerme Lor	0.71265	42.73546	7.07703
5	Semampir	0.71515	15.26873	2.49406
6	Jambu	0.71688	12.05856	1.97877
7	Pandu	0.71678	10.95877	1.80326
8	Jono	0.71723	10.97391	1.80526
9	Wedani	0.71429	34.24050	5.66861
10	Iker2	0.71648	12.56318	2.06546
11	Gedang Kulut	0.71354	34.96438	5.74590
12	Cerme Kidul	0.71218	12.76356	3.08638
13	Tegal Suruh Cerme	0.71642	16.42144	2.70758
14	CV Megah Jaya	0.70787	23.47327	3.88413
15	PDAM Cerme	0.69394	299.70641	39.41706
16	STM Cerme	0.71436	11.96821	1.96781
17	PT Tri Era	0.69667	191.18373	32.68996
18	Betiting	0.71420	17.91537	2.95476
19	Iker – Iker Geger	0.71642	8.18202	1.33655
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.70219	140.16347	23.76467

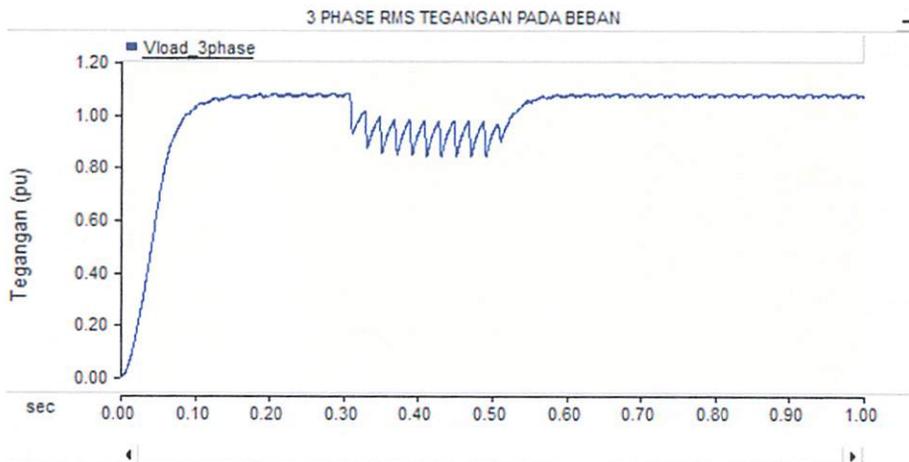
Tabel 4.4 Nilai Gangguan Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Line to Line Ground Fault*

No	Trafo. Nama Daerah	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.44470	14.28736	0.59709
2	Padeg	0.44671	6.42505	0.25477
3	Global Mandiri	0.44540	4.85345	0.19233
4	Cerme Lor	0.44413	17.32359	0.73441
5	Semampir	0.44571	6.18612	0.24524
6	Jambu	0.44671	4.88279	0.19297
7	Pandu	0.44665	4.43781	0.17547
8	Jono	0.44692	4.44315	0.17559

9	Wedani	0.44511	13.87363	0.57908
10	Iker2	0.44646	5.08766	0.20265
11	Gedang Kulut	0.44458	14.07766	0.58788
12	Cerme Kidul	0.44380	20.80675	0.90248
13	Tegal Suruh Cerme	0.44641	6.64997	0.26779
14	CV Megah Jaya	0.44145	9.53393	0.39273
15	PDAM Cerme	0.43242	93.39236	5.01034
16	STM Cerme	0.44526	4.85059	0.19325
17	PT Tri Era	0.43419	77.72388	4.05214
18	Betiting	0.44514	7.26078	0.29377
19	Iker – Iker Geger	0.44646	3.31361	0.12992
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.43762	56.93173	2.81953

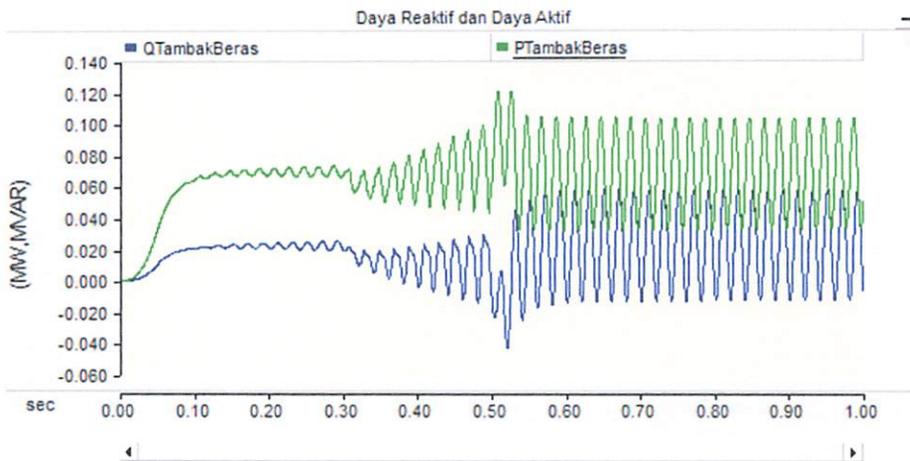
#### 4.6 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan DVR

##### 4.6.1 Kompensasi dengan DVR Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris dengan durasi waktu ( 0.3 – 0.5 s)



Grafik 4.8 Bentuk Gelombang Ketika Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris *Three Phase to Ground Fault (TPGF)* sesudah pemasangan DVR.

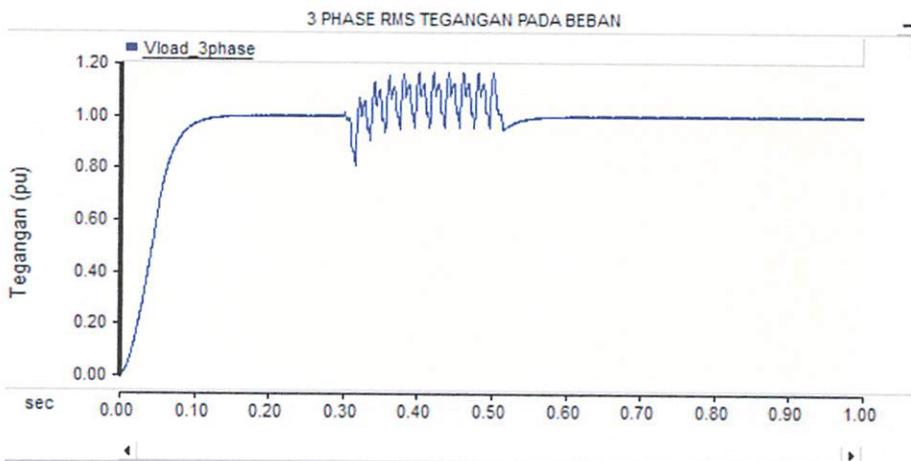
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan mengalami perbaikan setelah pemasangan *Dinamic Voltage Restorer*.



Grafik 4.9 Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi *Voltage Sag Simetris Three Phase to Ground Fault (TPGF)* sesudah pemasangan DVR.

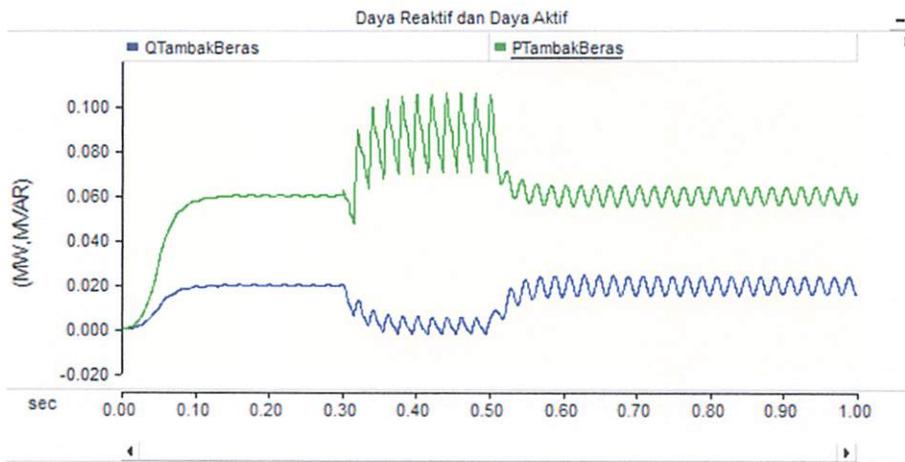
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa bila tegangan mengalami perbaikan setelah pemasangan *Dinamic Voltage Restorer* maka daya reaktif dan daya aktif juga akan ikut mengalami perbaikan juga.

#### 4.6.2 Kompensasi dengan *DVR* Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris dengan durasi waktu ( 0.3 – 0.5 s)



Grafik 4.10 Bentuk Gelombang Ketika Terjadi *Voltage Sag* Tak Simetris *Single Line to Ground Fault (SLGF)* sesudah pemasangan DVR.

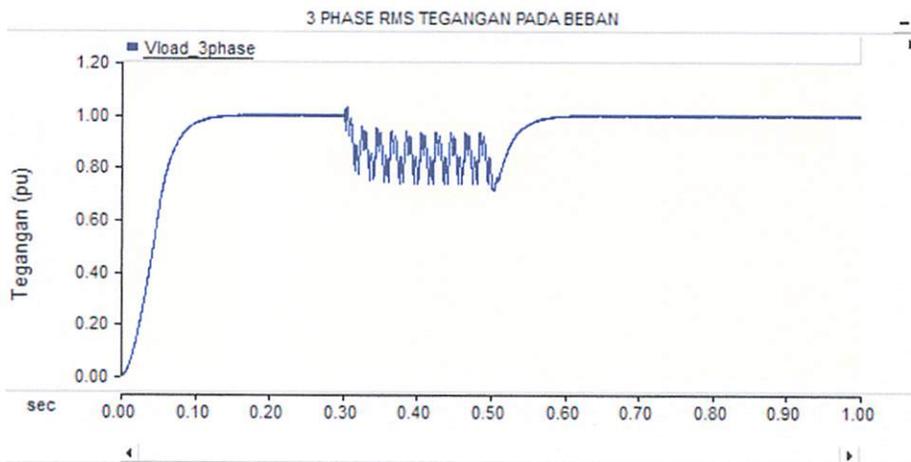
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan mengalami perbaikan setelah pemasangan *Dinamic Voltage Restorer*.



Grafik 4.11 Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi *Voltage Sag* Tak Simetris *Single Line to Ground Fault (SLGF)* sesudah pemasangan DVR

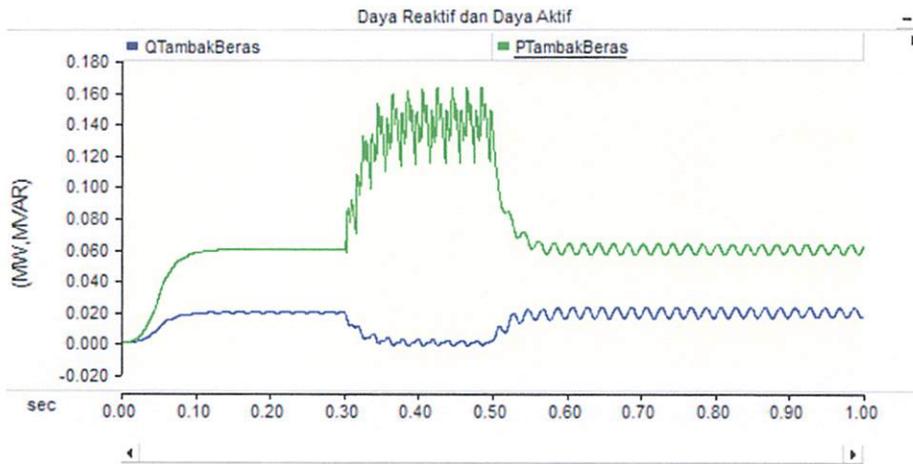
Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa bila tegangan mengalami perbaikan setelah pemasangan *Dinamic Voltage Restorer* maka daya reaktif dan daya aktif juga akan ikut mengalami perbaikan juga.

#### 4.6.3 Kompensasi dengan *DVR* Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris dengan durasi waktu ( 0.3 – 0.5 s)



Grafik 4.12 Bentuk Gelombang Ketika Terjadi *Voltage Sag* Tak Simetris *Line to Line Ground Fault (LLGF)* sesudah pemasangan DVR.

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa tegangan mengalami perbaikan setelah pemasangan *Dinamic Voltage Restorer*.



Grafik 4.13 Bentuk Gelombang Daya Reaktif Dan Daya Aktif Ketika Terjadi *Voltage Sag* Tak Simetris *Line to Line Ground Fault (LLGF)* sesudah pemasangan DVR

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa bila tegangan mengalami perbaikan setelah pemasangan *Dinamic Voltage Restorer* maka daya reaktif dan daya aktif juga akan ikut mengalami perbaikan juga.

Keadaan sistem jauh lebih stabil dengan menggunakan kompensasi DVR dibandingkan tanpa menggunakan DVR. Hal ini dapat diamati pada simulasi sistem dengan kondisi *voltage sag* akibat gangguan simetris dan tak simetris. Perbedaan ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.5 Nilai Gangguan Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris *Three Phase to Ground Fault* setelah pemasangan DVR

No	Trafo. Nama Daerah	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.99159	138.76052	42.76074
2	Padeg	0.99637	63.88787	19.41037
3	Global Mandiri	0.99285	48.55120	14.82000
4	Cerme Lor	0.99027	166.54593	51.45766
5	Semampir	0.99370	61.90126	18.70936
6	Jambu	0.99628	48.89093	14.88173
7	Pandu	0.99611	44.54918	13.57991
8	Jono	0.99681	44.67726	13.58534
9	Wedani	0.99262	134.96328	41.56713
10	Iker2	0.99571	50.76139	15.48186
11	Gedang Kulut	0.99153	136.74013	42.12903
12	Cerme Kidul	0.98966	197.45350	61.30108
13	Tegal Suruh Cerme	0.99566	66.07623	20.20157
14	CV Megah Jaya	0.98283	93.45709	28.88708

15	PDAM Cerme	0.96455	739.53463	240.26929
16	STM Cerme	0.99254	48.36102	14.77834
17	PT Tri Era	0.96816	635.42545	205.69570
18	Betiting	0.99235	71.87858	22.03312
19	Iker – Iker Geger	0.99557	33.16900	10.07238
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.97578	488.52443	156.35477

Tabel 4.6 Nilai Gangguan Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Single Line to Ground Fault* setelah pemasangan DVR

No	Trafo. Nama Daerah	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	1.02490	88.94641	12.62779
2	Padeg	1.03077	40.24735	5.67294
3	Global Mandiri	1.02610	30.10921	4.30615
4	Cerme Lor	1.02331	107.71862	15.26175
5	Semampir	1.02735	38.49211	5.45943
6	Jambu	1.03058	30.55362	4.33719
7	Pandu	1.03037	27.75343	3.95413
8	Jono	1.03125	27.84577	3.96536
9	Wedani	1.02628	86.61751	12.29708
10	Iker2	1.02991	31.82031	4.51999
11	Gedang Kulut	1.02482	87.62009	12.43853
12	Cerme Kidul	1.02274	129.61177	18.32086
13	Tegal Suruh Cerme	1.02989	41.63834	5.91467
14	CV Megah Jaya	1.01320	58.11830	8.41270
15	PDAM Cerme	0.99298	575.09321	79.14896
16	STM Cerme	1.02575	30.09075	4.30084
17	PT Tri Era	0.99688	477.82072	66.38615
18	Betiting	1.02564	45.10146	6.43995
19	Iker – Iker Geger	1.02970	20.68402	2.93059
20	PT Hasil Abadi Perdana	1.00596	351.41611	49.13207

Tabel 4.7 Nilai Gangguan Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Tak Simetris *Line to Line Ground Fault* setelah pemasangan DVR

No	Trafo. Nama Daerah	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	1.01758	87.56403	9.79438
2	Padeg	1.02203	40.31786	4.39855
3	Global Mandiri	1.01980	29.38574	3.34679
4	Cerme Lor	1.01624	105.72841	11.84433
5	Semampir	1.02020	37.83420	4.32551
6	Jambu	1.02224	30.49847	3.36519
7	Pandu	1.02221	27.65129	3.06904
8	Jono	1.02262	27.87130	3.13541
9	Wedani	1.01845	85.80467	9.72770
10	Iker2	1.02169	31.71828	3.50782
11	Gedang Kulut	1.01755	86.20850	9.64857
12	Cerme Kidul	1.01523	127.79816	14.23911
13	Tegal Suruh Cerme	1.02139	41.62173	4.58772
14	CV Megah Jaya	1.01084	54.56411	6.58103

15	PDAM Cerme	0.98737	552.88940	61.88154
16	STM Cerme	0.99190	29.36663	3.34270
17	PT Tri Era	1.01897	457.13463	51.82371
18	Betiting	1.01897	44.15042	5.00182
19	Iker – Iker Geger	1.02186	20.52234	2.27047
20	PT Hasil Abadi Perdana	1.00028	339.03596	38.26235

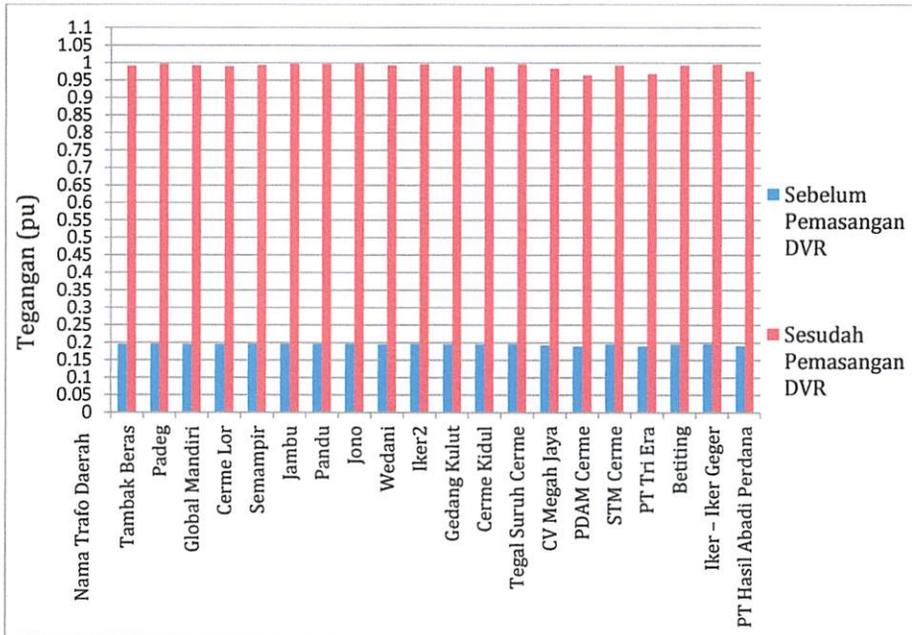
#### 4.7 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* Saat Terjadi *Voltage Sag* Akibat Gangguan Simetris dan Tak Simetris

Berikut ini tabel-tabel nilai tegangan dan daya sebelum dan sesudah pemasangan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*.

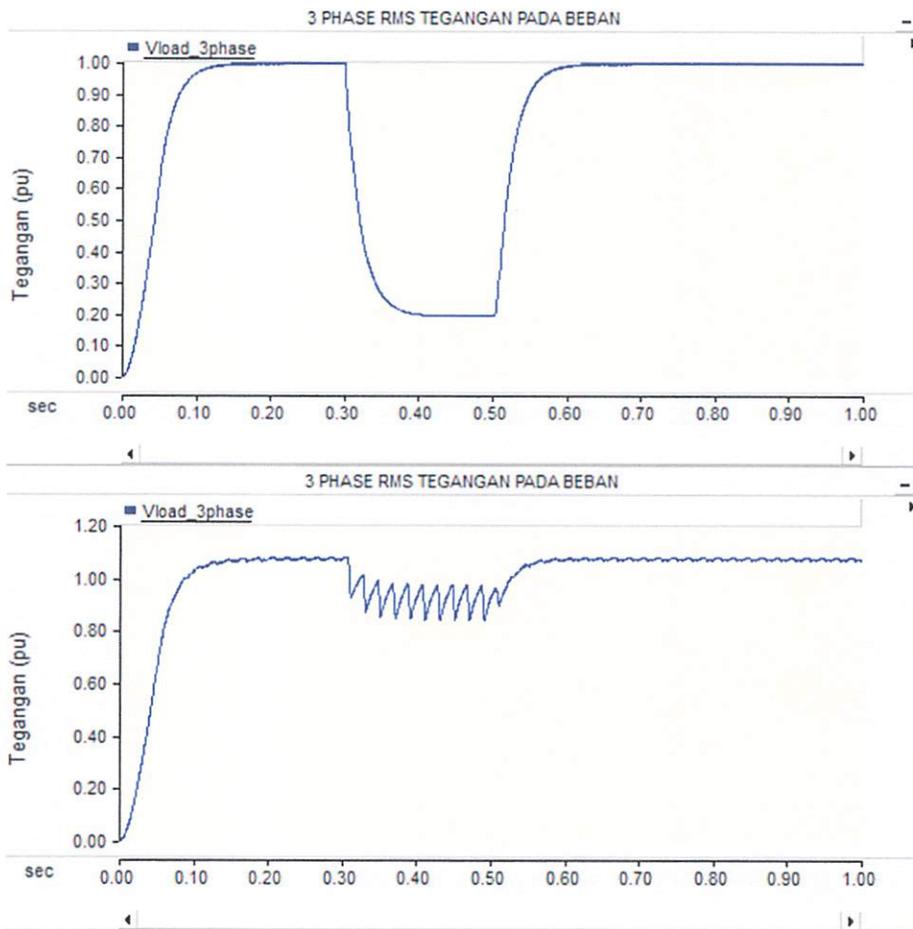
Tabel 4.8 Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah pemasangan *DVR* saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan simetris *Three Phase to Ground Fault*

No	Trafo. Nama Daerah	Sebelum DVR			Sesudah DVR		
		Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.19488	2.15649	0.79373	0.99159	138.76052	42.76074
2	Padeg	0.19579	0.96652	0.35513	0.99637	63.88787	19.41037
3	Global Mandiri	0.19520	0.72956	0.27015	0.99285	48.55120	14.82000
4	Cerme Lor	0.19463	2.61832	0.96038	0.99027	166.54593	51.45766
5	Semampir	0.19534	0.93067	0.34190	0.99370	61.90126	18.70936
6	Jambu	0.19579	0.73382	0.27147	0.99628	48.89093	14.88173
7	Pandu	0.19576	0.66672	0.24751	0.99611	44.54918	13.57991
8	Jono	0.19588	0.66750	0.24775	0.99681	44.67726	13.58534
9	Wedani	0.19507	2.09357	0.77134	0.99262	134.96328	41.56713
10	Iker2	0.19568	0.76498	0.28305	0.99571	50.76139	15.48186
11	Gedang Kulut	0.19487	2.12480	0.78186	0.99153	136.74013	42.12903
12	Cerme Kidul	0.19448	3.15005	1.15371	0.98966	197.45350	61.30108
13	Tegal Suruh Cerme	0.19565	1.00050	0.37047	0.99566	66.07623	20.20157
14	CV Megah Jaya	0.19345	1.43767	0.53110	0.98283	93.45709	28.88708
15	PDAM Cerme	0.18947	14.41959	5.05752	0.96455	739.53463	240.26929
16	STM Cerme	0.19514	0.72943	0.26989	0.99254	48.36102	14.77834
17	PT Tri Era	0.19023	11.96592	4.23512	0.96816	635.42545	205.69570
18	Betiting	0.19508	1.09299	0.40429	0.99235	71.87858	22.03312
19	Iker – Iker Geger	0.19567	0.49682	0.18349	0.99557	33.16900	10.07238
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.19174	8.72224	3.12252	0.97578	488.52443	156.35477

Tabel 4.8 diatas menjelaskan bahwa kualitas tegangan serta penyaluran daya lebih baik dengan sesudah pemasangan DVR daripada sebelum pemasangan DVR. Ini sangat terlihat dari total kualitas tegangan serta penyaluran daya saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan simetris *Three Phase to Ground Fault* yang mengalami perbaikan pada saat pemasangan DVR. Perbandingan dalam tabel 4.8 juga dapat dilihat pada gambar 4.3 dan grafik 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR



Grafik 4.14 Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR  
( *Three Phase to Ground Fault* )

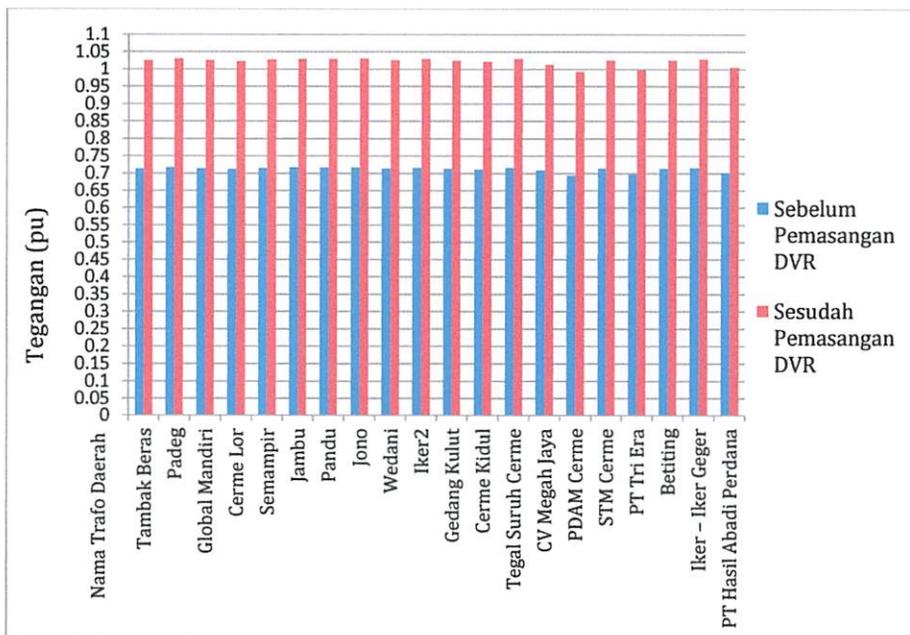
Berdasarkan gambar 4.3 dan grafik 4.14 di atas dapat diketahui bahwa nilai tegangan saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan simetris *Three Phase to Ground Fault* yaitu berkisar 0.19 pu dan setelah pemasangan DVR menjadi 0.99 pu.

Tabel 4.9 Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah pemasangan DVR saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan tak simetris *Single Line to Ground Fault*

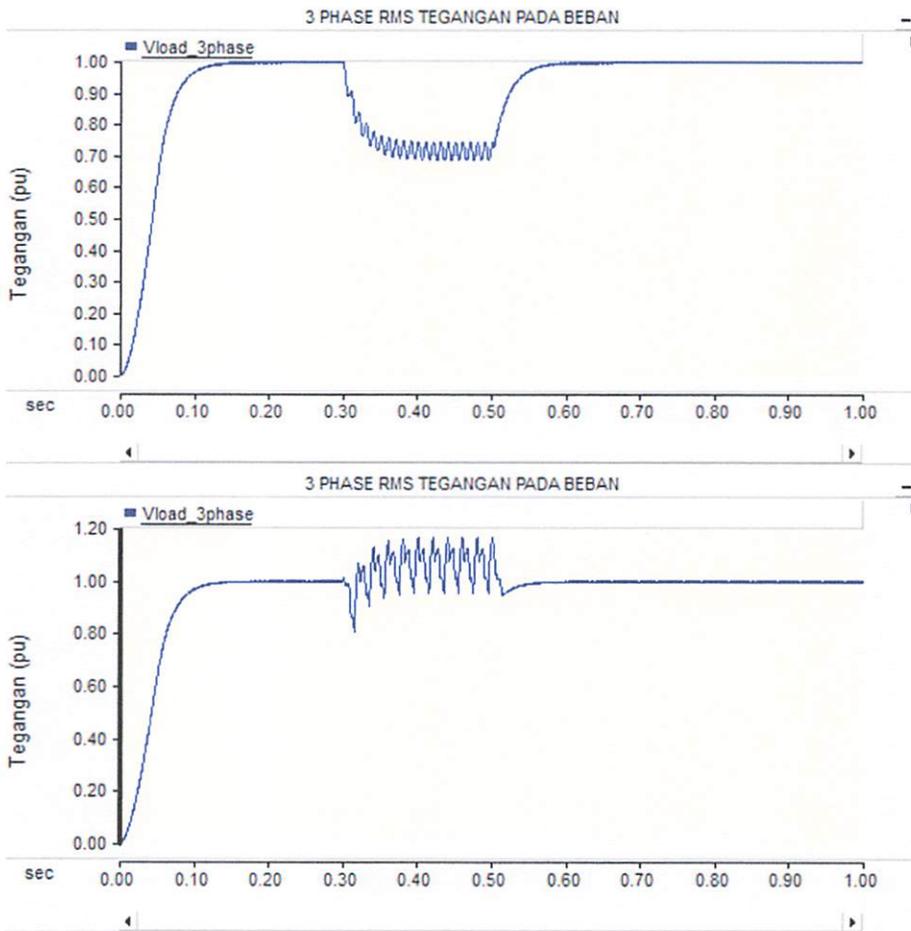
No	Trafo. Nama Daerah	Sebelum DVR			Sesudah DVR		
		Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.71358	35.25286	5.83375	1.02490	88.94641	12.62779
2	Padeg	0.71691	15.86920	2.59243	1.03077	40.24735	5.67294
3	Global Mandiri	0.71458	11.97574	1.96781	1.02610	30.10921	4.30615
4	Cerme Lor	0.71265	42.73546	7.07703	1.02331	107.71862	15.26175

5	Semampir	0.71515	15.26873	2.49406	1.02735	38.49211	5.45943
6	Jambu	0.71688	12.05856	1.97877	1.03058	30.55362	4.33719
7	Pandu	0.71678	10.95877	1.80326	1.03037	27.75343	3.95413
8	Jono	0.71723	10.97391	1.80526	1.03125	27.84577	3.96536
9	Wedani	0.71429	34.24050	5.66861	1.02628	86.61751	12.29708
10	Iker2	0.71648	12.56318	2.06546	1.02991	31.82031	4.51999
11	Gedang Kulut	0.71354	34.96438	5.74590	1.02482	87.62009	12.43853
12	Cerme Kidul	0.71218	12.76356	3.08638	1.02274	129.61177	18.32086
13	Tegal Suruh Cerme	0.71642	16.42144	2.70758	1.02989	41.63834	5.91467
14	CV Megah Jaya	0.70787	23.47327	3.88413	1.01320	58.11830	8.41270
15	PDAM Cerme	0.69394	299.70641	39.41706	0.99298	575.09321	79.14896
16	STM Cerme	0.71436	11.96821	1.96781	1.02575	30.09075	4.30084
17	PT Tri Era	0.69667	191.18373	32.68996	0.99688	477.82072	66.38615
18	Betiting	0.71420	17.91537	2.95476	1.02564	45.10146	6.43995
19	Iker – Iker Geger	0.71642	8.18202	1.33655	1.02970	20.68402	2.93059
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.70219	140.16347	23.76467	1.00596	351.41611	49.13207

Tabel 4.9 diatas menjelaskan bahwa kualitas tegangan serta penyaluran daya lebih baik dengan sesudah pemasangan DVR daripada sebelum pemasangan DVR. Ini sangat terlihat dari total kualitas tegangan serta penyaluran daya saat terjadi voltage sag akibat gangguan tak simetris *Single Line to Ground Fault* yang mengalami perbaikan pada saat pemasangan DVR. Perbandingan dalam tabel 4.9 juga dapat dilihat pada gambar 4.4 dan grafik 4.15 di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR

Grafik 4.15 Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR  
( *Single Line to Ground Fault* )

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai tegangan saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan tak simetris *Single Line to Ground Fault* yaitu berkisar 0.71 pu dan setelah pemasangan DVR menjadi 1.03 pu.

Tabel 4.10 Perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah pemasangan DVR saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan tak simetris *Line to Line Ground Fault*

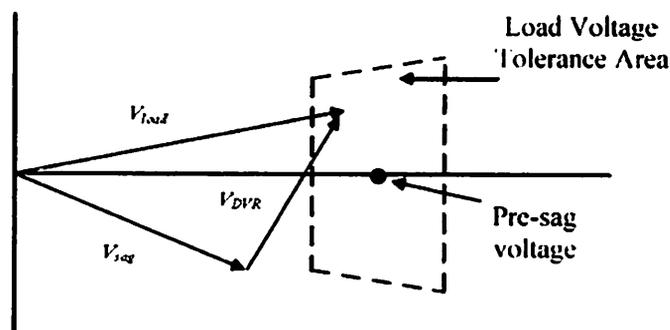
No	Trafo. Nama Daerah	Sebelum DVR			Sesudah DVR		
		Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	Tambak Beras	0.44470	14.28736	0.59709	1.01758	87.56403	9.79438
2	Padeg	0.44671	6.42505	0.25477	1.02203	40.31786	4.39855

### 2.11.3 *In-Phase Advanced Compensation (IPAC)*

Dalam metode ini daya nyata yang dikeluarkan oleh DVR diminimalkan dengan menurunkan sudut daya antara tegangan sag dan arus beban. Dalam dua kasus sebelumnya, yaitu *pre-sag* dan *in-phase compensation*, daya aktif yang disuntikkan kesystem oleh DVR selama gangguan. Terlebih lagi, daya aktif yang disediakan terbatas pada energi yang tersimpan pada DC dan bagian ini merupakan salah satu bagian yang paling mahal dari DVR. Agar meminimalisasi energi yang disuntikkan dicapai dengan membuat fasor tegangan injeksi yang tegak lurus terhadap fasor arus beban. Dalam metode ini nilai-nilai arus beban dan tegangan tetap dalam sistem sehingga dapat mengubahnya hanya fase tegangan sag. Jadi, metode IPAC hanya menggunakan daya reaktif saja dan sayangnya, tidak semua nilai daya aktif dapat dikurangi sebagai konsekuensinya, metode ini hanya cocok untuk nilai sag terbatas

### 2.11.4 *Voltage Tolerance Method With Minimum Energy Injection*

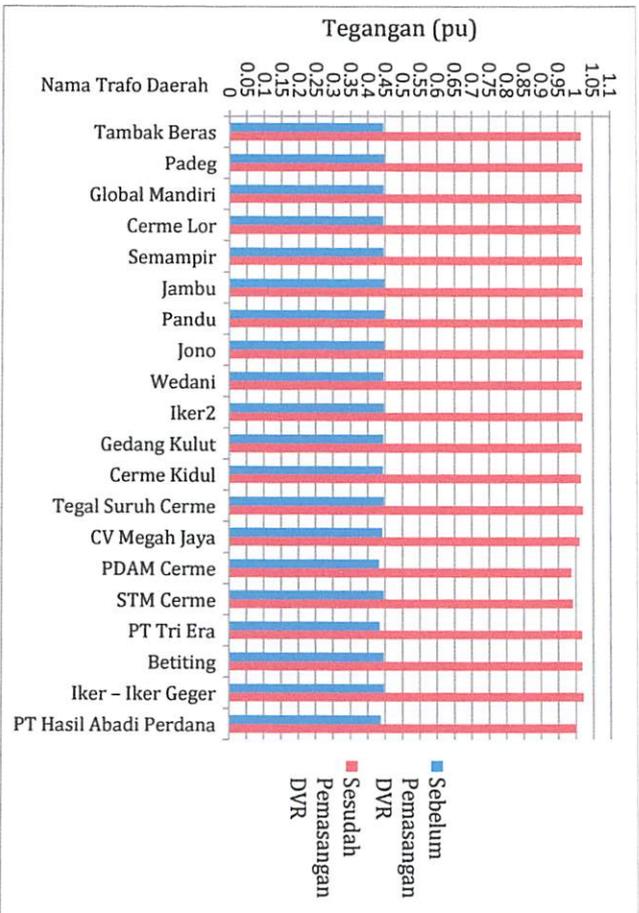
Umumnya besaran tegangan antara 90% -110% dari tegangan nominal dan sudut fase variasi antara 5% -10% dari keadaan normal tidak akan mengganggu karakteristik operasi beban. Metode kompensasi ini akan menjaga tegangan beban dalam wilayah toleransi dengan perubahan kecil besarnya tegangan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



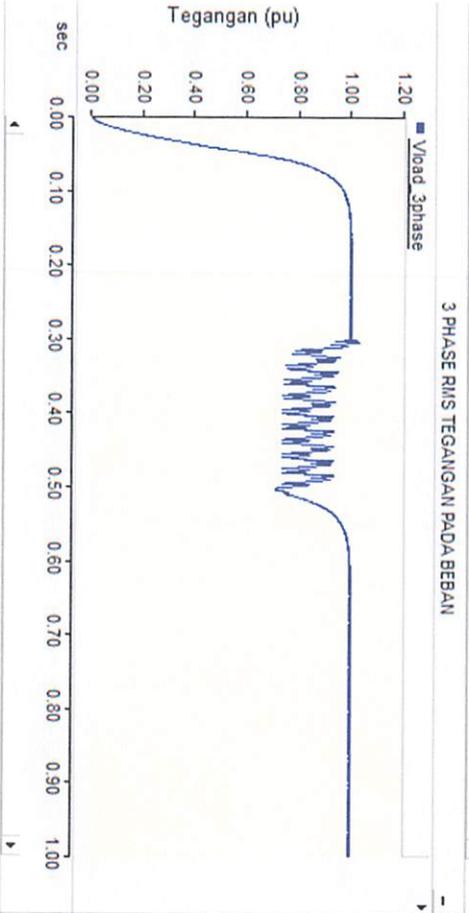
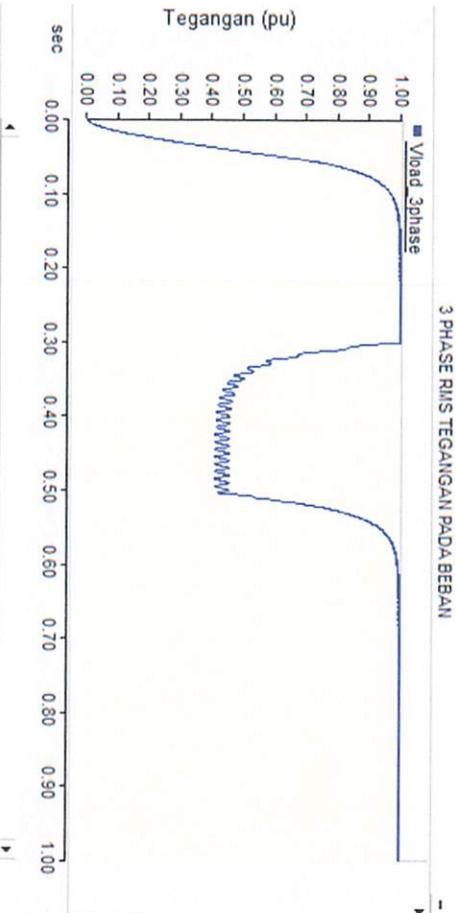
Gambar 2.14 Voltage Tolerance Method With Minimum Energy Injection

3	Global Mandiri	0.44540	4.85345	0.19233	1.01980	29.38574	3.34679
4	Cerme Lor	0.44413	17.32359	0.73441	1.01624	105.72841	11.84433
5	Semampir	0.44571	6.18612	0.24524	1.02020	37.83420	4.32551
6	Jambu	0.44671	4.88279	0.19297	1.02224	30.49847	3.36519
7	Pandu	0.44665	4.43781	0.17547	1.02221	27.65129	3.06904
8	Jono	0.44692	4.44315	0.17559	1.02262	27.87130	3.13541
9	Wedani	0.44511	13.87363	0.57908	1.01845	85.80467	9.72770
10	Iker2	0.44646	5.08766	0.20265	1.02169	31.71828	3.50782
11	Gedang Kulut	0.44458	14.07766	0.58788	1.01755	86.20850	9.64857
12	Cerme Kidul	0.44380	20.80675	0.90248	1.01523	127.79816	14.23911
13	Tegal Suruh Cerme	0.44641	6.64997	0.26779	1.02139	41.62173	4.58772
14	CV Megah Jaya	0.44145	9.53393	0.39273	1.01084	54.56411	6.58103
15	PDAM Cerme	0.43242	93.39236	5.01034	0.98737	552.88940	61.88154
16	STM Cerme	0.44526	4.85059	0.19325	0.99190	29.36663	3.34270
17	PT Tri Era	0.43419	77.72388	4.05214	1.01897	457.13463	51.82371
18	Betiting	0.44514	7.26078	0.29377	1.01897	44.15042	5.00182
19	Iker – Iker Geger	0.44646	3.31361	0.12992	1.02186	20.52234	2.27047
20	PT Hasil Abadi Perdana	0.43762	56.93173	2.81953	1.00028	339.03596	38.26235

Tabel 4.10 diatas menjelaskan bahwa kualitas tegangan serta penyaluran daya lebih baik dengan sesudah pemasangan DVR daripada sebelum pemasangan DVR. Ini sangat terlihat dari total kualitas tegangan serta penyaluran daya saat terjadi voltage sag akibat gangguan tak simetris *Line to Line Ground Fault* yang mengalami perbaikan pada saat pemasangan DVR. Perbandingan dalam tabel 4.10 juga dapat dilihat pada gambar 4.5 dan grafik 4.16 di bawah ini.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR



**Grafik 4.16 Perbandingan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DVR  
( *Line to Line Ground Fault* )**

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai tegangan saat terjadi *voltage sag* akibat gangguan tak simetris *Line to Line Ground Fault* yaitu berkisar 0.44 pu dan setelah pemasangan DVR menjadi 1.01 pu.

Beberapa aspek dari studi mitigasi penurunan tegangan telah dikaji. Pertama, DVR yang menggunakan inverter enam pulsa dan pengukuran rms tiga fasa serta kontrol PWM gelombang sinus telah di tampilkan dan dideskripsikan. Hal itu menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam melindungi beban kritis terhadap penurunan tegangan akibat gangguan simetris. Kemudian, DVR juga mampu melakukan kinerja yang sangat baik terhadap bukan hanya penurunan tegangan akibat gangguan simetris tetapi juga penurunan tegangan akibat gangguan tak simetris yang dihasilkan dari gangguan satu fasa ke tanah maupun dua fasa ke tanah.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) dalam memperbaiki performa sistem akibat tegangan *sag* yang disebabkan oleh gangguan simetris dan tak simetris saat signifikan, itu semua terlihat dari nilai tegangan yang mengalami perbaikan akibat tegangan *sag* setelah pemasangan DVR. Untuk type gangguan simetris (*Three Phase to Ground Fault*) yang nilai awalnya berkisar 0.19 pu menjadi 0.99 pu, bila untuk type gangguan tak simetris (*Single Line to Ground Fault*) dari awalnya berkisar 0.71 pu menjadi 1.03 pu dan (*Line to Line Ground Fault*) dari awalnya berkisar 0.44 pu menjadi 1.01 pu.
2. Peran *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) dalam sistem jaringan distribusi 20 kV dapat memperbaiki kualitas tegangan yang diakibatkan adanya gangguan simetris dan tak simetris.

#### 5.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat dikemukakan agar penelitian ini lebih maksimal lagi yaitu :

1. Untuk pengembangan kedepannya dapat digunakan teknik pengontrolan yang lain selain teknik pengontrolan PI.
2. Dalam mensimulasikannya agar menggunakan *software* yang lain selain yang digunakan pada skripsi ini yaitu *software* PSCAD/EMTDC agar nantinya dapat dibandingkan hasil simulasinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nguyen P.T and Tapan K.S, "*Dynamic Voltage Restorer Against Balanced and Unbalanced Voltage Sag : Modelling and Simulation*". IEEE. School of Information Technology and Electrical Engineering, University of Queensland, Australia.
- [2] Wahab S.W. and Alias M.Y., 2006, "*Voltage Sag and Mitigation Using Dynamic Voltage Restorer (DVR) System*", Faculty of Electrical Engineering University Teknologi Malaysia, Vol.8, No.2,32-37
- [3] Nakhoda I.Y and Abraham Lomi., 2012, "*Implementation of Dynamic Voltage Restorer (DVR) and Distribution Static Compensator (D-STATCOM) for Power Quality Improvement*" ,Cyber Journals : Multidisciplinary Journals in Science and Technology,Journal of Selected Areas in Renewable and Sustainable Energy (JRSE)
- [4] C. Benachaiba and B. Ferdi., 2009, "*Power Quality Improvement Using DVR*", American Journal of Applied Sciences 6 (3) : 396-400, ISSN 1546-9239
- [5] L.M. Hayusman, H. Suyono, T. Hidayat., 2011, "*Analisis Tegangan Sags Akibat Pengasutan Motor Induksi Menggunakan Dynamic Voltage Restorer (DVR)*", Jurnal Elektro ELTEK, Vol.2, No.2, pp.189-193, ISSN : 2086-8944
- [6] Dugan, Mc. Granaghan, Beaty., 2012, "*Electrical Power System Quality*", Mc Graw-Hill
- [7] R. omar, N.A. Rahim and M. Sulaiman., 2011, "*Dynamic Voltage Restorer Application for Power Quality Improvement in Electrical Distribution System: An Overview*", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol.5, No.12 ,379-396, ISSN: 1991-8178

- [8] K.R. Padiyar, 2007, "*FACTS Controllers in Power Transmission and Distribution*". India : New Age International Publisher
- [9] Daman, Susanto," *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*", Edisi Pertama, 2009, Padang
- [10] Mohammed S. A, Aurelio G. C, Abdel M. M. A, and B. Hasanin., 2013, "*Dynamic Voltage Restorer (DVR) System For Compensation Of Voltage Sag, State-Of-The-Art Review*", International Journal Of Computational Engineering Research, Vol.3, Issue.1, ISSN:2250-3005
- [11] William D. Stevenson, Jr. (Alih Bahasa Oleh Ir. Kamal Idris). 1983. "*Analisa Sistem Tenaga Listrik*", Edisi Ke-empat, Erlangga : Jakarta
- [12] Hamzah. Berahim, "*Teknik Tenaga Listrik Dasar*", Edisi Pertama, Graha Ilmu : Yogyakarta
- [13] Nagrath I. J., Kothari D. P. 2011. "*Modern Power System Analysis*". New Dwlhi : Tata McGraw-Hill
- [14] Sharanya M., Basavaraja B., and Sasikala M., 2012, "*An Overview Of Dynamic Voltage Restorer For Voltage Profile Improvement*", International Journal Of Engineering And Advanced Technology (IJEAT), Vol.2, Issue-2, ISSN:2249-8958
- [15] E. Acha, V.G Agelidis, O Naya-lara, Miller T.J.E, 2002, "*Power Electronic Control In Electrical System*", Newnes, USA
- [16] Ferdi. B, C. Benachaiba, S. Dib, R. Dehini, 2010, "*Adaptive PI Control of Dynamic Voltage Restorer Using Fuzzy Logic*", Journal of Electrical Engineering: Theory and Application, Vol.1, Iss.3

- [17] Pakharia. A, Manoj. G, 2012, "*Dynamic Voltage Restorer For Compensation Of Voltage Sag And Swell : A Literature Review*", International Journal of Advances in Engineering & Technology, ISSN: 2231-1963, Vol.4, Issue 1, pp.347-355

# LAMPIRAN



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : EKO BUDI SULASTONO
2. NIM : 1112008
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : **ANALISIS PENGGUNAAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)* UNTUK MEMINIMALISASIKAN *VOLTAGE SAG* KARENA GANGGUAN SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC***

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 18 Februari 2015  
Dengan Nilai : **80,25 (A)**

**Panitia Ujian Skripsi**

Ketua Majelis Penguji

(M. Ibrahim Ashari, ST. MT.)

NIP.P.1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

(Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST. MT.)

NIP. P. 1030100361

**Anggota Penguji**

Penguji I

(Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.)

NIP. 19610531992021001

Penguji II

(Bambang Prio Hartono, ST. MT.)

NIP. Y. 1028400082



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

---

---

**SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

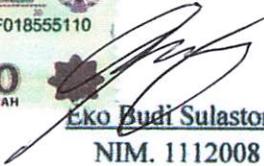
Nama : EKO BUDI SULASTONO  
NIM : 1112008  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.  
Demikian surat pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 14 Maret 2015

Yang membuat pernyataan



  
Eko Budi Sulastono  
NIM. 1112008



### PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari/Tanggal : Rabu, 18 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : EKO BUDI SULASTONO  
NIM : 1112008  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Analisis Penggunaan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) Untuk Meminimalisasikan *Voltage Sag* Karena Gangguan Simetris Dan Tak Simetris Dengan Menggunakan *Software PSCAD/EMTDC***

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Rumusan masalah untuk performa sistem dalam konteks <i>power quality</i> ( <i>voltage sag</i> ) bukan tegangan rms	d/
2.	Hilangkan kata-kata "melihat" dalam tujuan	d/
3.	Pada flowchat kata injection fault kurang tepat	d/
4.	a. Bandingkan hasil grafik antara perbaikan <i>voltage sag</i> sebelum dan sesudah pemasangan DVR	d/
	b. Lokasi penentuan gangguan dan penempatan DVR diperjelas	d/
5.	Pada kesimpulan no.2, <i>voltage sag</i> dan profile tegangan dua hal yang berbeda, perlu ada konsistensi hasil dampak pemasangan DVR pada kesimpulan tersebut	d/

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.

NIP. 19610531992021001

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Ir. Ni Putu Agustini, MT

NIP. Y. 1030100371



### PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari/Tanggal : Rabu, 18 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : EKO BUDI SULASTONO  
NIM : 1112008  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Analisis Penggunaan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) Untuk Meminimalisasikan *Voltage Sag* Karena Gangguan Simetris Dan Tak Simetris Dengan Menggunakan *Software PSCAD/EMTDC***

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Abstrak disempurnakan	b
2.	Masalah penelitian diperhatikan	b
3.	Tujuan dilihat lagi	b
4.	Gambar pada bab 4 diberi penjelasan	b
5.	Daftar pustaka disamakan penulisannya	b

Dosen Penguji II

Bambang Prio Hartono, ST, MT  
NIP. Y. 1028400082

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE  
NIP. Y. 1018500108

Dosen Pembimbing II

Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP. Y. 1030100371



**PROGAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI**

**SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015**

Nama : Eko Budi Sulastono  
Nim : 1112008  
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2014 – 2015  
Judul : Analisis Penggunaan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) Untuk Meminimalisasikan *Voltage Sag* Karena Gangguan Simetris Dan Tak Simetris Dengan Menggunakan *Software* PSCAD/EMTDC

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	03-10-2014	Bimbingan rencana pengerjaan bab	
2	19-11-2014	Bimbingan program error ( node terbatas )	
3	14-12-2014	Bimbingan masalah program error	
4	18-12-2014	Bimbingan masalah program	
5	22-12-2014	Bimbingan masalah program ( hasil output tidak sesuai )	
6	06-01-2015	Konsultasi program + flowchart + rencana penulisan atau materi-materi per bab	
7	08-01-2015	Bimbingan laporan skripsi bab 4-5	
8	21-01-2015	Bimbingan laporan skripsi bab 1, 2, 3	
9	10-02-2015	Bimbingan hasil seminar hasil	
10	23-02-2015	Bimbingan hasil ujian kompre	
11	09-03-2015	ACC laporan skripsi	

Malang, Maret 2015

Dosen Pembimbing

**Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE**

**NIP. Y. 1018500108**

Form.S-4b



**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI**  
**SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015**

Nama : Eko Budi Sulastono  
Nim : 1112008  
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2014 – 2015  
Judul : Analisis Penggunaan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) Untuk Meminimalisasikan *Voltage Sag* Karena Gangguan Simetris Dan Tak Simetris Dengan Menggunakan *Software* PSCAD/EMTDC

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	30-10-2014	Bimbingan laporan skripsi bab 1	
2	04-11-2014	Bimbingan program	
3	19-11-2014	Bimbingan program	
4	04-12-2014	Bimbingan program persiapan seminar progress	
5	13-01-2015	Bimbingan bab 2 dan bab 3	
6	16-01-2015	Bimbingan bab 4 dan bab 5	
7	03-02-2015	Bimbingan makalah seminar hasil	
8	10-02-2015	Bimbingan hasil seminar hasil	
9	17-02-2015	Bimbingan laporan ujian kompre	
10	23-02-2015	Bimbingan hasil ujian kompre	
11	09-03-2015	ACC laporan skripsi	

Malang, Maret 2015

Dosen Pembimbing

**Ir. Ni Putu Agustini, MT**

**NIP. Y. 1030100371**





**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1112008		
2.	Nama	: EKO BUDI SULASTONO		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	7 Oktober 2014	09:00	III.1.1	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS PROTEKSI BALANCE DAN UNBALANCE VOLTAGE SAG MENGGUNAKAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	<i>Analisis penggunaan DVR utk permasalahan voltage sag koen penginj balance</i>		
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	(.....)	 (.....)	 (.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1   <b>M. Ibrahim Ashari, ST, MT</b> NIP. P 1030100358	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
		 (.....)	 (.....)	

*2 ubr  
bhs lnt*





## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : EKO BUDI SULASTONO  
 N I M : 1112028  
 Semester : VII ( TUJUH )  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-I  
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK  
~~TEKNIK ELEKTRONIKA~~  
~~TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA~~  
~~TEKNIK KOMPUTER~~  
~~TEKNIK TELEKOMUNIKASI~~  
 Alamat : Jl. Kusuma Pt 34 W 05 Karang Kates - Sumber Pucung - Malang

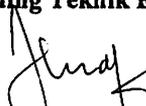
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

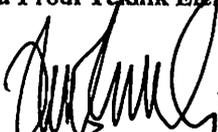
1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB)sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas  
 Recording Teknik Elektro S-I

  
 (.....)  
 (M. Ibrahim Ashari)

Disetujui  
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

  
M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
 NIP. P. 1030100358

Malang, SEPTEMBER 2014  
 Pemohon

  
 (EKO BUDI SULASTONO)

Mengetahui  
 Dosen Wali

  
 (.....)  
 TEGUH H

**Catatan:**

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

1. IPK 493.5 / 13.4 = 3.368
2. ....
3. ....



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSEFIO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-241/EL-FTI/2014

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : EKO BUDI SULASTONO  
Nim : 1112008  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Ganjil Tahun Akademik 2014-2015 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui  
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-241/EL-FTI/2014

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : EKO BUDI SULASTONO  
Nim : 1112008  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Ganjil Tahun Akademik 2014-2015 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-261/EL-FTI/2014 01 November 2014  
Lampiran : -  
Perihal : **Survey Pengambilan Data Skripsi**  
  
Kepada : Yth. **Pimpinan PT PLN (Persero) Area Gresik**  
di - **Gresik**

Dengan hormat,

Bersama ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu agar mahasiswa kami dari Progam Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang dapat diijinkan untuk melakukan survey dalam rangka pengambilan data skripsi pada tanggal 03 November s.d. 30 November 2014.

Mahasiswa tersebut adalah :

No	Nama	NIM
1.	Eko Budi Sulastono	1112008

Dengan judul skripsi yaitu :

**ANALISIS PENGGUNAAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)  
UNTUK MEMINIMALISASIKAN VOLTAGE SAG KARENA  
GANGGUAN SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS DENGAN  
MENGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC**

Sehingga data yang kami butuhkan :

- Single Line Jaringan Distribusi
- Data Beban TrafodanPenyulang
- Data Gangguan
- Data Beban

Demikian atas perhatian dan kebijaksanaanya kami ucapkan terimakasih.



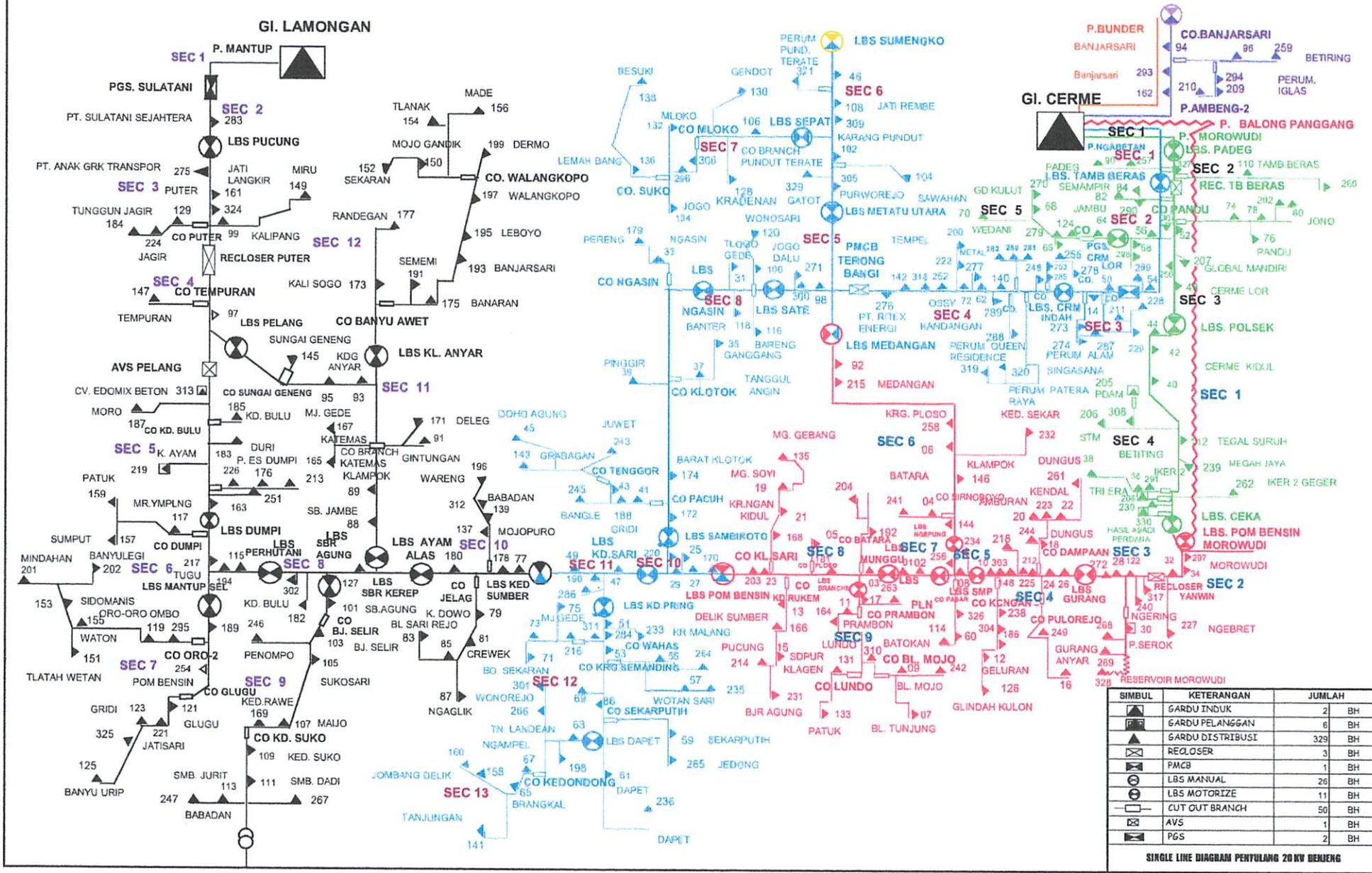
Ketua

Program Studi Teknik Elektro S-1

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**

NIP P 1030100358

# SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG 20 KV RAYON BENJENG



SIMBUL	KETERANGAN	JUMLAH
	GARDU INDUK	2 BH
	GARDU PELANGGAN	6 BH
	GARDU DISTRIBUSI	329 BH
	RECLOSER	3 BH
	PMSB	1 BH
	LBS MANUAL	26 BH
	LBS MOTORIZE	11 BH
	CUT OUT BRANCH	50 BH
	AVS	1 BH
	PGS	2 BH

SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG 20 KV BENJENG

MONITORING PENYEBAB GANGGUAN PENYULANG

AREA GRESEK - RAYON BENJENG

01 JANUARI 2014 S.D 06 NOVEMBER 2014

PENYULANG	GI	RAYON	TANGGAL	JAM				GANGGUAN			RELE KERJA	CUACA	PENYEBAB < PENYEBAB HARUS DI ISI DENGAN JELAS atau TIDAK DIKETAHUI >
				LEPAS	PMT MASUK	MASUK TOTAL	LAMA PADAM	TEMPORER / PERMANEN	RELE KERJA	CUACA			
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	13-02-2014	10:13:00	10:15:00	10:15:00	0:02:00	TEMPORER	DGR 18 kV	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	28-02-2014	9:32:00	9:36:00	9:36:00	0:04:00	TEMPORER	OCR Instand	Cerah	Bersamaan melepas LBS Yanwin, pisau LBS tidak lepas sempurna.		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	06-03-2014	22:54:00	22:58:00	22:58:00	0:04:00	TEMPORER	OCR	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	12-03-2014	3:14:00	3:22:00	3:22:00	0:08:00	TEMPORER	OCR R & S	Cerah	Simpatek trip dengan P. Nqabetan.		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	10-05-2014	20:31:00	20:53:00	23:34:00	0:22:00	TEMPORER	OCR Phase S	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	23-05-2014	18:39:00	18:42:00	20:26:00	0:03:00	TEMPORER	DGR 12 kV	Cerah	Tenda hajatan mengenai konduktor, lokasi desa kricak benjeng.		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	09-06-2014	2:59:00	3:01:00	4:41:00	0:02:00	TEMPORER	DGR	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	09-06-2014	20:23:00	20:53:00	22:40:00	0:30:00	TEMPORER	OCR	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	09-07-2014	9:18:00	9:21:00	9:21:00	0:03:00	TEMPORER	DGR	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	15-07-2014	3:54:00	3:57:00	6:02:00	0:03:00	TEMPORER	DGR	Cerah	Baut Arm tie putus sehinnga SUTM mengenai tiang, lokasi depan pasar balongpanggang.		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	20-08-2014	5:27:00	5:49:00	10:26:00	0:22:00	PERMANEN	OCR Instand	Cerah	CO T.234 Phase R, S & T terbakar, lokasi Ds. Dermo benjeng		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	08-09-2014	3:05:00	3:10:00	3:10:00	0:05:00	TEMPORER	DGR 19 kV	Cerah	Belum ditemukan		
P. Balongpanggang	Cerme	Benjeng	12-10-2014	18:08:00	18:26:00	18:26:00	0:18:00	TEMPORER	OCR Phase R	Cerah	LA Phase R & S flash over di LBS motorized metatu barat, lokasi desa metatu		
P. Mantup	Lamongan	Benjeng	11-01-2014	14:20:00	14:28:00	14:28:00	0:08:00	TEMPORER	OCR	Hujan deras	Belum ditemukan		
P. Mantup	Lamongan	Benjeng	21-01-2014	3:01:00	3:06:00	3:06:00	0:05:00	TEMPORER	DGR 18 kV	hujan	Belum ditemukan		
P. Mantup	Lamongan	Benjeng	28-03-2014	13:04:00	13:19:00	14:52:00	0:15:00	TEMPORER	OCR Phase T	Cerah	Bendera Parpol mengenai SUTM, lokasi desa Jelaq		
P. Mantup	Lamongan	Benjeng	08-04-2014	15:34:00	15:36:00	16:29:00	0:02:00	TEMPORER	OCR phase R	Hujan dan Angin	Pohon jati tumbang mengenai SUTM, lokasi desa mantup selatan		
P. Mantup	Lamongan	Benjeng	03-05-2014	13:57:00	15:05:00	16:05:00	1:08:00	TEMPORER	OCR Instand phase T	Hujan	Belum ditemukan		
P. Morowudi	Cerme	Benjeng	21-01-2014	4:27:00	4:39:00	7:30:00	0:12:00	PERMANEN	OCR RST Instand	hujan	CO branch Desa padeg putus phase R hasil investigasi ditemukan 1 buah hang isolator dan kedua LA trafo Flash Over		
P. Morowudi	Cerme	Benjeng	08-03-2014	1:59:00	2:42:00	3:36:00	0:43:00	PERMANEN	DGR 7 kV & OCR Instand R & S	Hujan dan petir	Disconnecting Switch (DS) Di recloser tambak beras terbakar, lokasi Jl. Tambak beras.		
P. Morowudi	Cerme	Benjeng	12-06-2014	8:27:00	8:33:00	8:33:00	0:06:00	TEMPORER	DGR	Cerah	Konduktor lepas dari pin isolator phase R & S, lokasi desa tambak beras no tiang 22		
P. Morowudi	Cerme	Benjeng	23-06-2014	0:56:00	1:05:00	1:05:00	0:09:00	TEMPORER	OCR	Cerah	Belum ditemukan		
P. Morowudi	Cerme	Benjeng	25-08-2014	0:14:00	0:19:00	0:19:00	0:05:00	TEMPORER	DGR & OCR Phase R	Cerah	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	21-01-2014	4:27:00	4:39:00	8:20:00	0:12:00	PERMANEN	OCR RST Instand	hujan	CO branch Desa padeg putus phase R hasil investigasi ditemukan 1 buah hang isolator dan kedua LA trafo Flash Over		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	02-02-2014	2:20:00	2:24:00	2:24:00	0:04:00	TEMPORER	DGR 20 kV	Hujan lebat	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	02-02-2014	12:21:00	13:43:00	13:43:00	1:22:00	TEMPORER	DGR 21 kV	Hujan lebat	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	05-03-2014	4:57:00	5:01:00	9:08:00	0:04:00	TEMPORER	OCR Instand Phase R & T	Cerah	Potential Transformer flash over di PMCB terong bangi		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	05-03-2014	14:44:00	14:48:00	14:48:00	0:04:00	TEMPORER	OCR	Hujan, Angin dan Petir	Potential Transformer flash over di PMCB terong bangi		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	12-03-2014	3:14:00	3:22:00	7:47:00	0:08:00	PERMANEN	DGR 13 kV dan OCR R, S & T	Cerah	Potential Transformer flash over di PMCB terong bangi		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	24-05-2014	20:24:00	20:50:00	21:57:00	0:26:00	TEMPORER	OCR & DGR 20 kV	Cerah	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	11-06-2014	23:34:00	23:38:00	0:34:00	0:04:00	TEMPORER	DGR	Mendung	Jayang2 di pin isolator, lokasi di perum cerme indah sebelah NC0288		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	19-07-2014	11:01:00	11:15:00	14:49:00	0:14:00	TEMPORER	OCR	Cerah	SUTM putus phase R karena rantas, lokasi desa sebat.		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	01-08-2014	2:38:00	2:41:00	4:23:00	0:03:00	TEMPORER	OCR	Hujan	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	06-08-2014	4:09:00	5:17:00	6:36:00	1:08:00	TEMPORER	OCR R & S	Angin kencang	Barung mengenai travers dan SUTM, lokasi ds. karangan cerme timur perumahan grand cerme		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	22-08-2014	18:28:00	18:32:00	19:52:00	0:04:00	TEMPORER	OCR	Cerah	Barung Hantu mengenai SUTM phase R & S, lokasi desa keradenan sarireto		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	09-09-2014	2:04:00	2:09:00	4:50:00	0:05:00	TEMPORER	OCR Phase R & S	Cerah	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	19-09-2014	4:16:00	4:23:00	6:28:00	0:07:00	TEMPORER	OCR Phase R & S	Cerah	Belum ditemukan		
P. Ngabetan	Cerme	Benjeng	23-09-2014	4:35:00	4:40:00	6:32:00	0:05:00	TEMPORER	OCR Phase R & S	Cerah	Belum ditemukan		

Catatan :

1. Penyebab Gangguan tidak boleh ditulis "Gangguan Sebab Lain"
2. Jika penyebab gangguan tidak masuk dalam referensi kategori harus ditulis sesuai penyebabnya (misal gangguan karena antenna rebah, karena kabel kena gancu, karena orang tersingat listrik)
3. Untuk gangguan temporer / reclose baik penyebab sebenarnya ditulis tidak diketahui (kecuali saat yang sama dikoreksi dengan adanya laporan yang mungkin menjadi penyebab reclose, misal berbarengan dengan melepas LBS)
4. Cuaca dikategorikan : Cerah, Hujan, Angin, Petir (misal Hujan dan Angin ssp Petir)

PEMBUAT LAPORAN

DIONI ASWINARNO



PT. PLN ( PERSERO )  
DISTIBUSI JAWA TIMUR  
AREA GRESIK  
RAYON BENJENG

DAFTAR PENGUKURAN GARDU DISTRIBUSI  
RAYON BENJENG

No.	TGL PENGUKURAN	NO. GARDU	ALAMAT	DAYA ( kVA )	URT FASE	TEG TRAFU	BEBAN LINE ( Ampere )				TEG. UJUNG LINE ( Volt )				BEBAN TRAFU			keterangan	
							A	B	C	D	A	B	C	D	( Amp )	( kVA )	( % )		
1		T 327	TAMBAK BERAS P. MOROWUDI TRAFINDO SN. 134305985 TAHUN 2013	100	P-P	387										93	56%	Dioperasikan Tgl 06 - 01 - 2014	
				33	R	222						224	226	150	31	62%			
				33	S	222								110	24	46%			
				33	T	223								223	226	132	38		54%
					O														45
2	19.10 29 - 06 - 2011	T 90	PADEG P. MOROWUDI BAMBANG JAYA SERI No. 20070561 Tahun 2007	160	P-P	388										41	26%	Tegangan Ujung Line D = D2 a7 Dioperasikan Tgl 14 - 05 - 2008	
				53	R	223	56				219			56	12	24%			
				53	S	222	45				217			45	10	19%			
				53	T	223	84				218			84	19	35%			
					O		46							46					
3	19.30 29 - 06 - 2011	T 257	PADEG P. MOROWUDI BAMBANG DJAJA SERI No. Tahun 2007	100	P-P	404									46	46%	Tegangan Ujung Line B = B3 Line C = C7 Dioperasikan Tgl 11 - 09 - 2008		
				33	R	233		1	72		225	226	73	17	52%				
				33	S	233		7	50		223	224	57	13	40%				
				33	T	233		20	49		224	226	69	16	49%				
					N			18	37					55					
4	18.30 08 - 06 - 2011	T 110	TAMBAK BERAS P. MOROWUDI STARLITE SERI No. 5101937 Tahun 1995	160	P-P	394									87	54%	Tegangan Ujung Line B = B3 a3 b1 Line D = D12 c6 Dioperasikan Tgl 16 - 02 - 2009		
				53	R	225		71	77		221		223	148	33	63%			
				53	S	227		49	60		223		224	109	25	47%			
				53	T	227		43	85		222		223	128	29	55%			
					O			20	23					43					
5	18.14 08 - 09 - 2011	T 260	BETITING TAMBAK BERAS P. MOROWUDI TRAFINDO ( wep ) SERI No. 30564 Tahun 2007	100	P-P	390									24	24%	Tegangan Ujung Line A = A2 d2 Line C = C4 b5 c3 b2 c1 Dioperasikan Tgl 19 - 12 - 2008		
				33	R	220			27	17		218	219	44	10	29%			
				33	S	221			13	19		219	219	32	7	21%			
				33	T	221			26	8		219	220	34	8	23%			
					N				22	12				34					
6	19.45 08 - 09 - 2011	T 84	SEMAMPIR P. MOROWUDI MITSUBHISI ( WEB ) SN. L083141603, L083142774 L083141893 Tahun 1984/2010	150	P-P	397									83	55%	Tegangan Ujung Line A = A3 d3 a1 d1 Line C = C2 d2 Dioperasikan Tgl 14 - 03 - 2011		
				50	R	229	82		41		226		223	123	28	56%			
				50	S	229	56		80		224		225	136	31	62%			
				50	T	229	73		30		221		219	103	24	47%			
					O		40		54					94					
7	20.30 14 - 12 - 2011	T 82	JAMBU P. MOROWUDI OSAKA SN. 2B8033-510, -819, -818 Tahun 1980	75	P-P	395									49	65%	Tegangan Ujung Line B = B3 Line D = D5 Dioperasikan Tgl 16 - 08 - 1996		
				25	R	227		57	27		219		221	84	19	76%			
				25	S	231		34	22		220		225	56	13	52%			
				25	T	227		56	18		217		226	74	17	67%			
					O			18	8					26					



PT. PLN ( PERSERO )  
DISTIBUSI JAWA TIMUR  
AREA GRESIK  
RAYON BENJENG

DAFTAR PENGUKURAN GARDU DISTRIBUSI  
RAYON BENJENG

No.	TGL PENGUKURAN	NO. GARDU	ALAMAT	DAYA (kVA)	URT FASE	TEG TRAFU	BEBAN LINE ( Ampere )				TEG. UJUNG LINE ( Volt )				BEBAN TRAFU			keterangan
							A	B	C	D	A	B	C	D	( Amp )	( kVA )	( % )	
8	14 - 12 - 2011	T 290	JAMBU P. MOROWUDI SINTRA SN. 11059532 Tahun 2011	100	P-P	406										16	16%	Tegangan Ujung  Dioperasikan Tgl 01 - 12 - 2011
				33	R	235			0	33			222	219	33	8	24%	
				33	S	231			21	7			221	220	28	6	20%	
				33	T	230			5	2			223	220	7	2	5%	
					N				20	27								
9	19.03 16 - 08 - 2011	T 74	GATUL P. MOROWUDI SHENYANG ( wep ) SERI No. 970184 Tahun 1997 / 2008	50	P-P	397										30	60%	Tegangan Ujung  Line B = B1 a2 b2 Line D = D9 Dioperasikan Tgl 23 - 02 - 2009
				17	R	229			33	17		227	226	50	11	67%		
				17	S	231			18	2		228	227	20	5	27%		
				17	T	228			50	10		223	221	60	14	80%		
					O				34	14							48	
10	18.31 16 - 08 - 2011	T 78	TUGU - PANDU P. MOROWUDI BAMBANG DJAYA ( WEP ) SERI No. 0000383 Tahun 2000 / 2010	100	P-P	397										57	57%	Tegangan Ujung  Line B = B1 a6 Line D = D13 a4 Dioperasikan Tgl 20 - 07 - 2011
				33	R	229			52	46		225	223	98	22	68%		
				33	S	229			66	17		220	221	83	19	58%		
				33	T	230			40	28		221	217	68	16	47%		
					O				32	33							65	
11	17.48 16 - 08 - 2011	T 76	PANDU P. MOROWUDI MITSUBISHI SN. L0813141683, L081342768 L083141578 Tahun 1984	150	P-P	403										61	40%	Tegangan Ujung  Line A = A6 Line C = C3 b2 Dioperasikan Tgl 16 - 03 - 2011
				50	R	228	65		55		223	224	120	27	55%			
				50	S	231	22		44		222	225	66	15	30%			
				50	T	229	64		15		221	224	79	18	36%			
					O		43		39				82					
12	14 - 12 - 2011	T 292	JONO P. MOROWUDI SINTRA SN. 11059521 Tahun 2011	100	P-P	398										30	30%	Tegangan Ujung  Dioperasikan Tgl 02 - 12 - 2011
				33	R	230			15	25		224	226	40	9	28%		
				33	S	233			18	29		221	223	47	11	33%		
				33	T	233			25	17		226	225	42	10	30%		
					N				13	13				26				
13	18.20 14 - 12 - 2011	T 80	JONO P. MOROWUDI MITSUBHISI SERI No. I 083131388 Tahun 1984	75	P-P	398										31	41%	Tegangan Ujung  Line A = A3 b1 Line C = C3 Dioperasikan Tgl 20 - 06 - 1996
				25	R	229	54		0		222	223	54	12	49%			
				25	S	225	42		0		223	224	42	9	38%			
				25	T	230	40		0		221	225	40	9	37%			
					O		40		0				40					
14	20.00 29 - 06 - 2011	T 52	CERME LOR P. MOROWUDI TRAFINDO ( WEP ) SN. 32599 Tahun 1985 / 2008	100	P-P	400										40	40%	Tegangan Ujung  Line A = A8 Line C = C5 Dioperasikan Tgl 23 - 02 - 2010
				33	R	229	33		45		223	222	78	18	54%			
				33	S	231	20		32		222	224	52	12	36%			
				33	T	232	25		20		225	226	45	10	32%			
					O		20		21				41					



DAFTAR PENGUKURAN GARDU DISTRIBUSI  
RAYON BENJENG

No.	TGL PENGUKURAN	NO. GARDU	ALAMAT	DAYA (kVA)	URT FASE	TEG TRAFO	BEBAN LINE ( Ampere )				TEG. UJUNG LINE ( Volt )				BEBAN TRAFO			keterangan	
							A	B	C	D	A	B	C	D	( Amp )	( kVA )	( % )		
15		T 307	BENNY BUDIARTO P. MOROWUDI TRAFINDO SN. 11136606 Tahun 2009	160	P-P	398												DAYA 41,5 kVa  Dioperasikan Tgl 19 - 07 - 2012	
				53	R	228													
				53	S	228													
				53	T	228													
					N														
16	18.42 02 - 04 - 2013	T 56	CAGAK AGUNG P. MOROWUDI MITSUBISHI SN. A 813101513, A 91311199 L 0813141328 Tahun 1966	150	P-P	396									109	73%	Tegangan Ujung  Line B = B1 c5 Line D = D8 c5 Dioperasikan Tgl 23 - 06 - 2012		
				50	R	231		59		38		226		223	97	22		45%	
				50	S	229		110		60		218		222	170	39		78%	
				50	T	227		152		57		224		220	209	47		95%	
					O			150		57					207				
17	19.50 22 - 02 - 2012	T 58	NGABETAN P. MOROWUDI STARLITE SERI No. 92703567 Tahun1993	160	P-P	399									79	49%	Tegangan Ujung  Line A = A2 d7 c4 d1 Line C = C7 b9 Dioperasikan Tgl 20 - 10 - 1999		
				53	R	229	56		90		212		212	146	33	63%			
				53	S	229	44		67		216		213	111	25	48%			
				53	T	230	50		38		215		215	88	20	38%			
					O		22		51					73					
18	19.50 22 - 02 - 2012	T 298	NGABETAN P. MOROWUDI SINTRA SN. 11059503 Tahun 2011	100	P-P	395									64	64%	Tegangan Ujung  Dioperasikan Tgl 20 - 12 - 2011		
				33	R	227	0		112		223		222	112	25	77%			
				33	S	228	5		80		224		231	85	19	59%			
				33	T	228	2		80		225		221	82	19	57%			
					N		2		51					53					
19	19.22 29 - 09 - 2011	T 64	KARANGAN - CERME P. MOROWUDI BAMBANG JAYA SERI No. 20083835 Tahun 2008	100	P-P	400									56	56%	Tegangan Ujung  Line B = B3 C8  Dioperasikan Tgl 16 - 10 - 2008		
				33	R	236		73			227			73	17	52%			
				33	S	235		87			225			87	20	62%			
				33	T	236		78			222			78	18	56%			
					O			30						30					
20	18.20 19 - 06 - 2011	T 124	KAMBINGAN P. MOROWUDI STARLITE ( M & J ) SERI No. 92703-95 Tahun 1993 / 2008	160	P-P	403									81	51%	Tegangan Ujung  Line B = B4 Line D = D1 c9 d1 Dioperasikan Tgl 27 - 12 - 2009		
				53	R	232		8		132		221		220	140	32		61%	
				53	S	233		5		80		222		221	85	20		37%	
				53	T	231		12		113		220		219	125	29		54%	
					O			10		53					63				
21	17.45 27 - 07 - 2011	T 66	WEDANI P. MOROWUDI SINTRA SERI No. 12096277 Tahun 2012	250	P-P	396									115	46%	Tegangan Ujung  Line A = A1 Line C = C6 d3 Dioperasikan Tgl 29 - 12 - 2011		
				83	R	228	20		156		229		219	176	40	48%			
				83	S	229	1		153		229		217	154	35	42%			
				83	T	228	1		174		227		200	175	40	48%			
					O		21		50						71				

**DAFTAR PENGUKURAN GARDU DISTRIBUSI**  
**RAYON BENJENG**

No.	TGL PENGUKURAN	NO. GARDU	ALAMAT	DAYA (kVA)	URT FASE	TEG TRAFO	BEBAN LINE ( Ampere )				TEG. UJUNG LINE ( Volt )				BEBAN TRAFO			keterangan			
							A	B	C	D	A	B	C	D	( Amp )	( kVA )	( % )				
22	18.00 19 - 06 - 2011	T 279	WEDANI P. MOROWUDI STARLITE SERI No. 2009-23171129 Tahun 2009	160	P-P	398										73	45%	Tegangan Ujung  Line C = C4 Line D = D2 Dioperasikan Tgl 15 - 07 - 2010			
				53	R	230											83		19	36%	
				53	S	220													111	24	46%
				53	T	230													127	29	55%
					N														46		
23	18.45 27 - 07 - 2011	T 68	GEDANG KULUT P. MOROWUDI B & D SERI No. 1206345 Tahun 2012	250	P-P	397										121	49%	Tegangan Ujung  Line A = A3 D3 Line C = C10 b1 c1 d3 Dioperasikan Tgl 17 - 12 - 2009			
				83	R	229	80					223					186		43	51%	
				83	S	230	72					226		210			168		39	47%	
				83	T	229	78					223		207			175		40	48%	
					O		36												67		
24	20.00 27 - 07 - 2011	T 270	GEDANG KULUT P. MOROWUDI SINTRA SERI No. 10009585 Th. 2010	100	P-P	398										70	70%	Tegangan Ujung  Line A = A2 Line C = C1 D4 A1 D1 Dioperasikan Tgl 08 - 11 - 2010			
				33	R	228	12					228		217			121		28	84%	
				33	S	230	21					229		219			84		19	59%	
				33	T	230	37					229		220			99		23	69%	
					N		27												76		
26	19.01 13 - 06 - 2011	T 70	SAWAHAN P. MOROWUDI SINTRA SERI No.11059893 Tahun 2011	100	P-P	398										55	55%	Tegangan Ujung  Line B = B2 c1 Line D = D6 Dioperasikan Tgl 14 - 03 - 2012			
				33	R	232		17				219		229			49		11	34%	
				33	S	228		12				219		226			145		33	100%	
				33	T	231		12				220		221			47		11	33%	
					O			19											48		
26		T 207	GLOBAL MANDIRI P. MOROWUDI STARLITE Seri No. 091002014 Tahun 2010	100	P-P													DAYA 66 kVa  Dioperasikan Tgl 23 - 11 - 2010			
				33	R																
				33	S																
				33	T																
					O																
27	18.32 28 - 09 - 2011	T 250	CERME LOR P. MOROWUDI STARLITE (PREMAN) SERI No. 91502 Tahun 1991 / 2012	160	P-P	397										87	54%	Tegangan Ujung  Line B = B4 a8 Line D = D4 Dioperasikan Tgl 20 - 01 - 2010			
				53	R	229	132					222		228			157		36	68%	
				53	S	232	54					226		229			80		19	35%	
				53	T	229	73					225		227			141		32	61%	
					O		77												121		
28	18.42 23 - 11 - 2012	T 48	CERME LOR P. MOROWUDI MITSUBHISI ( WEP ) SN: L 083141716, L 083141596 L 083141546 Tahun 1978/2010	150	P-P	396										111	74%	Tegangan Ujung  Line A = A1 d7 c2 d1 Line C = C2 Dioperasikan Tgl 11 - 05 - 2011			
				50	R	228	127					223		223			140		32	64%	
				50	S	229	143					221		220			156		36	71%	
				50	T	228	168					224		219			189		43	86%	
					O		85												93		



DAFTAR PENGUKURAN GARDU DISTRIBUSI  
RAYON BENJENG

No.	TGL PENGUKURAN	NO. GARDU	ALAMAT	DAYA (kVA)	URT FASE	TEG TRAFO	BEBAN LINE ( Ampere )				TEG. UJUNG LINE ( Volt )				BEBAN TRAFO			keterangan
							A	B	C	D	A	B	C	D	( Amp )	( kVA )	( % )	
29	18.01 06 - 06 - 2011	T 44	CERME KIDUL P. MOROWUDI BAMBANG JAYA SERI No. 20083850 Tahun 2008	100	P-P	397										53	53%	Tegangan Ujung  Line B = B4 c2 b4 Line D = D2 Dioperasikan Tgl 12 - 11 - 2008
				33	R	228		93			2	225		226	95	22	66%	
				33	S	230		51			1	228		230	52	12	36%	
				33	T	228		73			14	227		228	87	20	60%	
					O			34			14					48		
30	18.53 28 - 09 - 2011	T 42	CERME KIDUL P. MOROWUDI STARLITE ( WEP ) SERI No. 91102187 Tahun 1991 / 2011	250	P-P	373									149	60%	Tegangan Ujung  Line A = A4 Line C = C1 d9 c2 Dioperasikan Tgl 14 - 12 - 2011	
				83	R	215	106			114	207		200	220	47	57%		
				83	S	215	151			99	206		201	250	54	65%		
				83	T	216	107			117	204		201	224	48	58%		
					O		60			54					114			
31	17.50 12 - 09 - 2011	T 40	CERME KIDUL P. MOROWUDI BAMBANG DJAYA ( WEP ) SERI No. 20051818 Tahun 2005 / 2010	200	P-P	398									84	42%	Tegangan Ujung  Line A = D6 c3 Line C = C6 Dioperasikan Tgl 17 - 03 - 2008	
				67	R	231	65			41	228		226	106	24	37%		
				67	S	230	114			3	221		228	117	27	40%		
				67	T	230	86			56	226		225	142	33	49%		
					O		57			39					96			
32	23 - 06 - 2010	T 205	PDAM CERME P. MOROWUDI UNINDO SERI No. 86374 Tahun 2009	1600	P-P												DAYA 1345 kVa  Dioperasikan Tgl 23 - 06 - 2010	
				533	R													
				533	S													
				533	T													
					O													
33	11 - 05 - 2009	T 206	STM CERME P. MOROWUDI BAMBANG JAYA Seri No. 0002733 Tahun 2001	100	P-P	383									26	26%	DAYA 66 kVa	
				33	R	220	26				220			26	6	17%		
				33	S	221	43				221			43	10	29%		
				33	T	221	50				221			50	11	33%		
					O		9							9				
34	18.45 31 - 07 - 2012	T 308	TEGAL SURUH P. MOROWUDI STARLITE SN. 1223811005-263 Tahun 2012	100	P-P	389									63	63%	Tegangan Ujung  Dioperasikan Tgl 31 - 07 - 2012	
				33	R	227	5			101	224		226	106	24	73%		
				33	S	224	5			100	223		227	105	24	71%		
				33	T	222	5			66	222		225	71	16	48%		
					N		6			49				55				
35	18.45 31 - 07 - 2012	T 112	TEGAL SURUH - CERME P. MOROWUDI UNINDO SERI No. 11-90656 Tahun 2011	250	P-P	396									89	36%	Tegangan Ujung  Line A = A4 d1 a2 b4 Line C = C7 Dioperasikan Tgl 27 - 04 - 2012	
				83	R	228	82			59	221		224	141	32	39%		
				83	S	227	67			71	220		226	138	31	38%		
				83	T	228	56			56	223		222	112	26	31%		
					O		38			31					69			





# Hasil Scan Viper

Viper (4.1.90.1039)

File Actions Reports Options Help

**THE ANTI-PLAGIARISM SCANNER THAT'S ACCURATE, EASY AND FREE!**

Files to Scan

Filename	Category	Word Count (Approximate)	Unique Words	Queries	Plagiarism (%)	Scan Time	Status	Progress	Print	Delete
Jurnal Pub.	Engineering	3962	810	314	1	00:17:36	Finished	100%		

Scanning in progress: 1 / 1

Found Documents

Location	Title	Words Matched	Match (%)	Unique Words Matched	Unique Match (%)
<a href="https://stfu.wordpress.com/2011/11/10/voltage-sag-definisi-karakteristik/">https://stfu.wordpress.com/2011/11/10/voltage-sag-definisi-karakteristik/</a>	Voltage sag : Definisi, Karakteristik dan Penyebabnya	46	1	0	46
<a href="http://id.wikipedia.org/wiki/Interrupsi_tegangan">http://id.wikipedia.org/wiki/Interrupsi_tegangan</a>	Interrupsi tegangan - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia ...	46	1	0	<1
<a href="https://novikaginanto.wordpress.com/2013/05/03/voltage-sag-definisi-ka/">https://novikaginanto.wordpress.com/2013/05/03/voltage-sag-definisi-ka/</a>	Voltage sag : Definisi, Karakteristik dan Penyebabnya ...	39	1	0	<1
<a href="https://novikaginanto.wordpress.com/category/materi/sistem-tenaga-listri/">https://novikaginanto.wordpress.com/category/materi/sistem-tenaga-listri/</a>	Sistem Tenaga Listrik   novikaginANTO Site	39	1	0	<1

Original Document

ANALISIS PENGGUNAAN DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR) UNTUK MEMINIMALISASIKAN VOLTAGE SAG KARENA GANGGUAN SIMETRIS DAN TAK SIMETRIS DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC

Dosen pembimbing : Prof. Dr. Eng. Ir Abraham Lomi, MSEE 1), Ir. Ni Futu Agustini, MT 2) Jurusan Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional MalangE-mail : ekobudisulestono@gmail.com

AbstrakSalah satu gejala yang umum terjadi pada suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik yaitu adanya gangguan penurunan tegangan (sag). Dalam suatu jaringan distribusi ada dua macam penurunan tegangan (sag) yang diakibatkan oleh gangguan simetris dan tak simetris. Akibat

Found Text (<https://stfu.wordpress.com/2011/11/10/voltage-sag-definisi-karakteristik-dan-penyebabnya/>)

- Voltage sag : Definisi, Karakteristik dan Penyebabnya | Laboratorium Sistem Tenaga Listrik FTUI Skip to navigation Home Return to Content
- Menu Tentang Blog Ini Praktikum STL Modul Praktikum Sedikit Bezbagi Tentang Kami Laboratorium Sistem Tenaga Listrik FTUI Selamat Datang di Website Resmi Sistem Tenaga Listrik FTUI November
- Voltage sag : Definisi, Karakteristik dan Penyebabnya Definisi: Voltage Sag Voltage sag atau yang sering juga disebut sebagai voltage dip merupakan suatu fenomena **penurunan tegangan tiba-tiba dari nilai normalnya yang terjadi dalam waktu yang singkat, sekitar ms sampai beberapa detik.** **IEC 4100-4-22 mendefinisikan voltage sag**

Follow us on Twitter

Like us on Facebook

Scan Internet

6:12 PM

## BIOGRAFI PENULIS



Nama penulis yaitu Eko Budi Sulastono lahir pada tanggal 16 Februari 1991 di kota Malang, Jawa Timur. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Moch. Muin Arief dan Ibu Sunarti. Penulis memulai pendidikan pada tahun 1997 lulus dari TK PGRI 03 Kepanjen-Malang. Kemudian melanjutkan di SDN 05 Sumberpucung-Malang dan lulus pada tahun 2003. Pertengahan tahun 2006 lulus dari SMPN 01 Sumberpucung-Malang dan melanjutkan pendidikan ke SMK Muhammadiyah 01 Kepanjen-Malang Jurusan Teknik Listrik Industri lulus tahun 2009. Setelah itu pada tahun 2011 memulai kuliah di Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Elektro S-1. Pada awal tahun 2015 semester ganjil (7), penulis telah menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Penggunaan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) Untuk Meminimalisasikan *Voltage Sag* Karena Gangguan Simetris Dan Tak Simetris Dengan Menggunakan *Software* PSCAD/EMTDC”. Selama mahasiswa, penulis menjadi asisten laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik pada tahun 2012 sampai 2014. Pada tahun 2013 penulis mengikuti ajang Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) sebagai Anggota dan berhasil lolos menerima hibah PKM-KC 2013 yang diselenggarakan Ditlitabmas Ditjen Dikti Kemdikbud.