



**SIMULASI PENINGKATAN KUALITAS TEGANGAN  
MENGUNAKAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)*  
DENGAN KENDALI *LEVENBERG MARQUARDT NEURAL  
NETWORK* PADA TEGANGAN RENDAH**

**SKRIPSI**

Oleh

**ROSYI HIDAYAT  
NIM: 091910201119**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



**SIMULASI PENINGKATAN KUALITAS TEGANGAN  
MENGUNAKAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)*  
DENGAN KENDALI *LEVENBERG MARQUARDT NEURAL  
NETWORK* PADA TEGANGAN RENDAH**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**ROSYI HIDAYAT  
NIM: 091910201119**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

## **PERSEMBAHAN**

***Skripsi ini merupakan langkah awal kesuksesan yang ku raih sebelum menuju kesuksesan selanjutnya dalam hidup ku. Tenaga dan pikiran telah ku korbakan selama hampir 3 tahun. Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada:***

***Ibunda Jum'adtun, Ayahanda Mujar, Kakakku Hesti Dwi P serta adekku Shofi Indriani dan cintaku Elfira terima kasih atas doa, dukungan, ketulusan, kasih sayang, kesabaran, ketabahan dan doa restunya;***

***Teman dan sahabatku sebagai tempat berbagi suka dan duka yang tidak akan terlupakan  
Karena ga ada kalian aku tidak akan seperti ini.***

***Temen-temen elektro Alih Program dan teman – teman ProjekD, bersama kalian sungguh merupakan kenangan terindah yang tak akan pernah terlupakan. terima kasih teman atas cinta, kasih sayang, persaudaraan yang begitu indah dan kalian adalah  
selalu yang terbaik bagiku;***

***Buat semua teman-teman Jurusan Elektro angkatan 2007, 2008, 2009. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan yang ikut dalam membantu dan berdoa;***

***Guru-guruku sejak TK sampai Perguruan Tinggi yang terhormat, terima kasih telah memberikan ilmu dan mendidik dengan penuh kesabaran;  
"For my married partner, I will never be able to reply your helpful"***

***Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.***

### **MOTTO**

*“Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari Al'alaq. Bacalah, dan Tuhanmulah yang Maha Pemurah. Yang mengajar manusia dengan perantaraan kalam, mengajar manusia apa yang tidak diketahuinya”  
(QS Al-'Alaq [96]: 1-5)*

*“Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatu pun. dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan, dan hati agar kamu bersyukur (menggunakannya sesuai petunjuk Ilahi untuk memperoleh pengetahuan)”  
(QS Al-Nahl [16]: 78)*

*“Ilmu itu ada dua macam, ilmu di dalam dada, itulah yang bermanfaat, dan ilmu sekadar di ujung lidah, maka itu akan menjadi saksi yang memberatkan manusia”  
(Sabda Rasulullah)*

*“Dua keinginan yang tidak pernah puas, keinginan menuntut ilmu dan keinginan menuntut harta”  
(Sabda Rasulullah)*

*“Orang yang berguna di muka bumi ini adalah orang yang bermanfaat bagi orang lain”  
(Rosyi Hidayat)*

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rosyi Hidayat

NIM : 091910201119

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul: **Simulasi Peningkatan Kualitas Tegangan Menggunakan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* Dengan Kendali *Levenberg Marquardt Neural Network* Pada Tegangan Rendah** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2012

Yang menyatakan,

Rosyi Hidayat  
NIM. 091910201119

**SKRIPSI**

**SIMULASI PENINGKATAN KUALITAS TEGANGAN  
MENGUNAKAN *DYNAMIC VOLTAGE RESTORER (DVR)*  
DENGAN KENDALI *LEVENBERG MARQUARDT NEURAL  
NETWORK* PADA TEGANGAN RENDAH**

Oleh

Rosyi Hidayat  
NIM 091910201119

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Azmi Saleh, ST., MT  
Dosen Pembimbing Anggota : Dedy Kurnia Setyawan, ST., MT.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul **Simulasi Peningkatan Kualitas Tegangan Menggunakan Dynamic Voltage Restorer (DVR) Dengan Kendali Levenberg Marquardt Neural Network Pada Tegangan Rendah** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari : Kamis

tanggal: 18 Oktober 2012

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Pembimbing Utama (Ketua Penguji),

Pembimbing Anggota (Sekretaris),

Dr. Azmi Saleh, ST., MT.

NIP. 19710614 199702 1 001

Penguji I,

Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT..

NIP. 19800610 200501 1 003

Penguji II,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

NIP. 19631201 199402 1 002

H. R. B. Moch. Gozali, ST., MT

NIP. 19690608 199903 1 002

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, MT.

NIP. 19610414 198902 1 001

# **Simulasi Peningkatan Kualitas Tegangan Menggunakan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* Dengan Kendali *Levenberg Marquardt Neural Network* Pada Tegangan Rendah**

**Rosyi Hidayat**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

## **ABSTRAK**

Dalam tugas akhir ini diusulkan sebuah algoritma untuk pengendalian *Dynamic Voltage Restorer (DVR)*. Pengendali yang diusulkan menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode algoritma *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*. Tujuan pengendalian ini adalah agar diperoleh *DVR* dengan respon yang cepat dan akurat saat memperbaiki kualitas tegangan akibat kedip tegangan. *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)* digunakan dalam melakukan pendeteksian terhadap perubahan kondisi tegangan, baik berupa fluktuasi amplitudo maupun perubahan fasa tegangan pada beban. Setelah dideteksi *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)* menghasilkan sinyal yang dibandingkan dengan sinyal carrier pada PWM. Untuk mengetahui performansi controller *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*, maka dalam simulasi digunakan controller konvensional sebagai pembanding. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa dengan controller *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*, *DVR* lebih stabil dan respon yang lebih cepat.

**Kata-kunci:** *Dynamic voltage restorer (DVR)*, *kedip tegangan*, *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*



*Simulation of Voltage Quality Improvement Using Dynamic Voltage Restorer (DVR)  
With Full Levenberg Marquardt Neural Network in Low Voltage*

**Rosyi Hidayat**

*Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember*

**ABSTRACT**

*In this thesis proposed a kontrol algorithm for dynamic voltage restorer (DVR). The proposed kontroller is using a neural network with Levenberg Marquardt method Neural Network (LMNN). The purpose of this kontrol is to obtain a DVR with a fast and accurate response while improving the quality of the voltage from the voltage sag. Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN) used in making the detection of changes in conditions of stress, either in the form of fluctuations in amplitude and phase changes in the voltage at the load. After generating a signal which is detected Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN) compared with the PWM carrier signal. To find out Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN) kontroller performance, then the simulation is used as a comparison of conventional kontrollers. Based on simulation results is known that the kontroller Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN), DVR is more stable with faster response.*

**Keywords:** *Dynamic voltage restorer (DVR), voltage sag, Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*

## RINGKASAN

**Simulasi Peningkatan Kualitas Tegangan Menggunakan *Dynamic Voltage Restorer* (DVR) Dengan Kendali *Levenberg Marquardt Neural Network* Pada Tegangan Rendah;** Rosyi Hidayat, 091910201119; 2012: 99 halaman; Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember

Dalam penyaluran daya listrik pada sistem distribusi baik di jaringan tegangan menengah maupun jaringan tegangan rendah perlu dijaga kualitasnya. Kualitas tegangan listrik merupakan salah satu faktor penting dalam sistem kelistrikan di industri maupun konsumen lain. Kualitas tegangan listrik yang buruk mengakibatkan munculnya berbagai masalah. Faktor utama kualitas tegangan listrik adalah magnitudo, bentuk gelombang dan frekuensi. Pada Magnitudo, salah satu jenis gangguan yang berpengaruh terhadap kualitas tegangan listrik adalah kedip tegangan. Kedip tegangan adalah drop tegangan dalam waktu singkat yang disebabkan oleh gangguan tak seimbang dan starting beban-beban besar.

Untuk mengatasi kedip tegangan digunakan *Dynamic voltage restorer* (DVR). DVR melakukan perbaikan dengan jalan mengkompensasi nilai tegangan jatuh akibat gangguan melalui injeksi tegangan menggunakan inverter, injeksi tegangan tersebut di masukkan ke dalam jala jala melalui trasformator seri. DVR yang diujikan pada tugas akhir ini adalah *Dynamic voltage restorer* (DVR) menggunakan kendali *Levenberg Marquardt Neural Network* yang nantinya di bandingkan performansinya dengan *Dynamic voltage restorer* (DVR) menggunakan kendali PI. Pengujian dilakukan pada kondisi gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, tiga fasa ke tanah, dan gangguan antar fasa.

*Levenberg Marquardt Neural Network* adalah suatu metode kendali yang memodelkan cara kerja sistem syaraf manusia (otak) dalam pengontrolan DVR. Pemodelan ini didasari oleh kemampuan otak manusia dalam mengorganisasi sel-sel penyusunnya (yang disebut neuron), sehingga memiliki kemampuan dalam pengendalian yang tepat. Dengan serangkaian inputan diluar sistem yang diberikan kepadanya jaringan ini dapat memodifikasi bobot yang akan dihasilkannya, sehingga

akan menghasilkan output yang konsisten sesuai dengan input yang diberikan kepadanya.

Perancangan sistem dilakukan dengan menggunakan software Matlab R2010b yang meliputi konfigurasi sistem jaringan 3 fasa dua saluran, pemodelan gangguan dan pemodelan kendali DVR. Kesimpulan yang diambil dari hasil simulasi adalah *Dynamic voltage restorer (DVR)* dengan kendali *Levenberg Marquardt Neural Network* lebih baik daripada *Dynamic voltage restorer (DVR)* dengan kendali PI.



## PRAKATA

*Bismillahirrohmanirrohim*

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **Simulasi Peningkatan Kualitas Tegangan Menggunakan *Dynamic Voltage Restorer (DVR)* Dengan Kendali *Levenberg Marquardt Neural Network* Pada Tegangan Rendah** dapat terselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

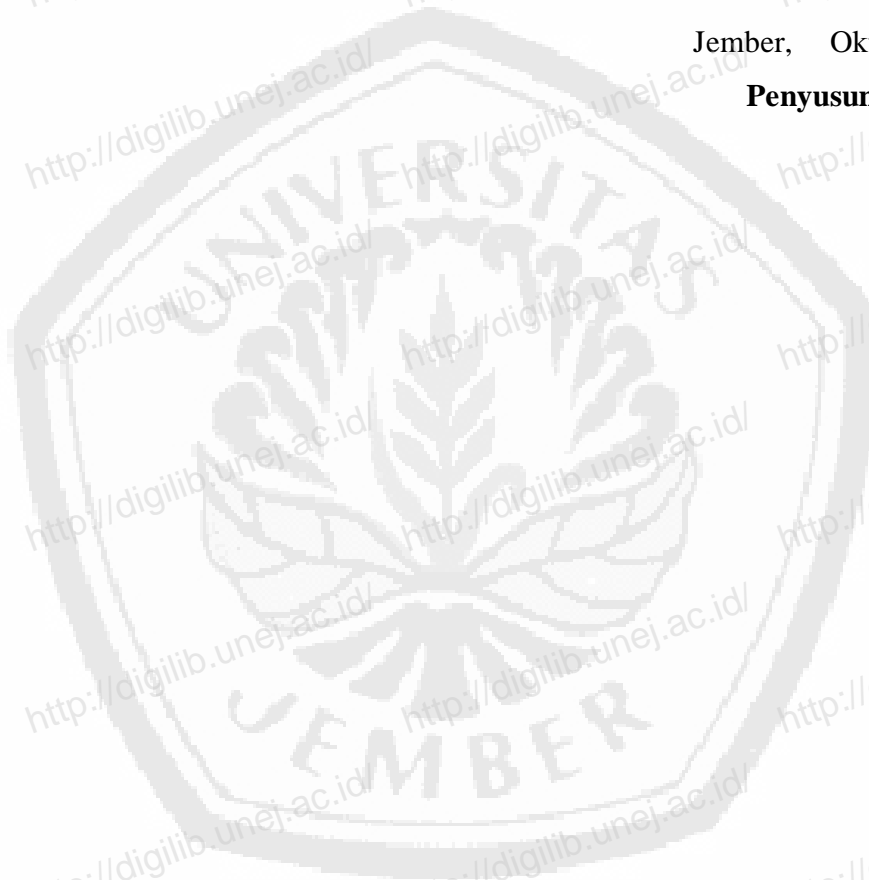
Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Sumardi, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Azmi Saleh, ST., MT selaku dosen pembimbing Utama dan Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT selaku dosen pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan laporan tugas akhir ini;
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM dan Bapak H. R. B. Moch. Gozali, ST. MT selaku Tim Penguji Skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
5. Ibunda Jumaton, Ayahanda Mugar, kakakku Hesti Dwi P. dan adikku Shofi Indriani terima kasih atas doa, dukungan, ketulusan, kasih sayang, kesabaran, ketabahan dan doa restunya;
6. Teman-teman seperjuangan di teknik elektro yang telah membantu meluangkan sedikit pikiran dan tenaga demi terselesainya laporan tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Oktober 2012

**Penyusun**



## DAFTAR ISI

Halaman	
HALAMAN JUDUL .....	i
PERSEMBAHAN .....	ii
MOTTO .....	iii
PERNYATAAN .....	iv
PENGESAHAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
RINGKASAN .....	ix
PRAKATA .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xx
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Variasi Gangguan Tegangan Durasi Pendek .....	4
2.2 Tegangan Kedip .....	4
2.3 Tegangan Kedip pada Gangguan Hubung Singkat .....	9
2.4 Tegangan kedip pada Starting Motor Induksi .....	10
2.5 Dynamic Voltage Reistorer (DVR) .....	11
2.6 Kendali Dynamic Voltage Restorer .....	13
2.6.1 Kendali PI .....	13

2.6.2 Artificial Neural Network ( ANN ).....	14
2.6.3 Algoritma <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> .....	16
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2 Metode penelitian.....	19
3.3 Konfigurasi Sistem Tenaga dengan DVR.....	23
3.3.1 Model Sumber 3 fasa .....	25
3.3.2 Model Transformator.....	25
3.3.3 Model Beban .....	26
3.3.4 Model Alat Ukur Tegangan Tiga Fasa .....	26
3.3.5 Model <i>Dynamic Voltage Restorer</i> (DVR).....	27
3.3.5.1 Regulator Tegangan.....	27
3.3.5.2 Model PWM Generator .....	31
3.3.5.3 Model Inverter 3 Phasa.....	32
3.3.5.4 Model Sumber DC .....	33
3.3.5.5 Model Filter Inverter.....	34
3.3.5.6 Model Tranformator Seri.....	35
3.3.6 Error Kompensator.....	35
3.3.6.1 Model PI Kontroller.....	36
3.3.6.2 Model <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> Kontroller.....	38
3.3.7 Model Gangguan Hubung Singkat.....	39
<b>BAB 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>45</b>
4.1 Membangun Model <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> Kontroller .....	46
4.2 Kinerja DVR Akibat Gangguan Pada Jaringan Beban Sensitif.....	50
4.2.1 Pengujian Pada Sistem dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	51
4.2.1.1 Sistem Tanpa DVR .....	51
4.2.1.2 Sistem Menggunakan DVR dengan PI kontroller.....	53
4.2.1.3 Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali LMNN .....	56
4.2.2 Pengujian Sistem dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah.....	59
4.2.2.1 Sistem Tanpa DVR .....	59
4.2.2.2 Sistem Menggunakan DVR dengan PI kontroller.....	61

4.2.2.3 Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali LMNN .....	64
4.2.3 Pengujian Pada Sistem dengan Gangguan Tiga Fasa ke Tanah .....	66
4.1.3.1 Sistem Tanpa DVR .....	66
4.2.3.2 Sistem Menggunakan DVR dengan PI controller.....	68
4.2.3.3 Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali LMNN .....	70
4.3 Kinerja DVR Akibat Gangguan di Luar Jaringan Beban Sensitif.....	72
4.3.1 Pengujian Pada Sistem dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah .....	73
4.3.1.1 Sistem Tanpa DVR .....	73
4.3.1.2 Sistem Menggunakan DVR dengan PI controller.....	75
4.3.1.3 Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali LMNN .....	77
4.3.2 Pengujian Sistem dengan Gangguan Dua fasa ke Tanah.....	79
4.3.2.1 Sistem Tanpa DVR .....	79
4.3.2.2 Sistem Menggunakan DVR dengan PI controller.....	81
4.3.2.3 Sistem Menggunakan DVR dengan LMNN.....	83
4.3.3 Pengujian Sistem dengan Gangguan Tiga Fasa ke Tanah .....	85
4.3.3.1 Sistem Tanpa DVR .....	85
4.3.3.2 Sistem Menggunakan DVR dengan PI controller.....	86
4.3.3.2 Sistem Menggunakan DVR dengan kendali LMNN .....	88
4.3.4 Pengujian Sistem dengan Gangguan Antar fasa .....	90
4.3.4.1 Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI.....	91
4.3.4.2 Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali LMNN .....	92
4.4 Perbandingan Kinerja DVR .....	94
4.3.1 Perbandingan Tegangan.....	94
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>98</b>
5.1 Kesimpulan .....	98
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>99</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram fenomena tegangan kedip.....	6
Gambar 2.2 Diagram vektor dari tegangan kedip.....	6
Gambar 2.3 Gelombang terjadinya tegangan kedip.....	7
Gambar 2.4 Klasifikasi gangguan berdasarkan standart IEEE 1159 – 1995 .....	8
Gambar 2.5 Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Ganda.....	9
Gambar 2.6 Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang.....	9
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen Tagangan Kedip Akibat Motor.....	10
Gambar 2.8 Grafik Tegangan Kedip akibat <i>Starting</i> Motor Induksi.....	11
Gambar 2.9 Diagram Blok Fungsional untuk DVR .....	12
Gambar 2.10 Diagram Blok Struktur Jaringan NN .....	15
Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian .....	20
Gambar 3.2 Diagram alir Kerja DVR.....	21
Gambar 3.3 Diagram Prinsip Kerja DVR.....	23
Gambar 3.4 Diagram Blok Simulasi sistem tenaga dengan DVR .....	24
Gambar 3.5 Sumber 3 fasa Simulasi sistem tenaga.....	25
Gambar 3.6 Transformator Step Down .....	25
Gambar 3.7 Rangkaian Ekuivalen Beban Sensitif.....	26
Gambar 3.8 Alat Ukur tegangan pada Matlab .....	26
Gambar 3.9 Blok Regulator Tenggangan.....	27
Gambar 3.10 Representasi Vektor Transformasi Clarke.....	28
Gambar 3.11 Representasi Vektor Transformasi Park .....	29
Gambar 3.12 Pemodelan Transformasi abc ke dq0 .....	30
Gambar 3.13 Pemodelan Transformasi dq0 to abc.....	31
Gambar 3.14 Blok PWM Generator .....	31
Gambar 3.16 PWM Inverter 3 Fasa.....	32
Gambar 3.18 Penyimpan Energi.....	33
Gambar 3.19 Rangkaian Filter LC.....	34
Gambar 3.20 Transformator Seri .....	35
Gambar 3.21 Blok Diagram PI kontroller.....	36

Gambar 3.22 Konfigurasi Regulator Tegangan dengan Kontroller PI.....	37
Gambar 3.23 Konfigurasi Regulator Tegangan dengan Kontroller LMNN .....	38
Gambar 3.24 Blok diagram Gangguan Hubung Singkat.....	39
Gambar 4.1 Diagram perbandingan Output dan Target .....	49
Gambar 4.2 Sistem dengan Gangguan terjadi pada Jaringan Beban Sensitif .....	50
Gambar 4.3 Gelombang Tegangan (a) Sumber ; (b) Beban Sensitif; untuk Sistem Tanpa DVR .....	51
Gambar 4.4 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif.....	52
Gambar 4.5 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	53
Gambar 4.6 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis PI.....	53
Gambar 4.7 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI.....	53
Gambar 4.8 Grafik Respon Kontrol PI.....	54
Gambar 4.9 Proses Injeksi yang dilakukan DVR dengan kendali PI .....	55
Gambar 4.10 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI.....	56
Gambar 4.11 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	56
Gambar 4.12 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	56
Gambar 4.13 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> (LMNN).....	57
Gambar 4.14 Proses Injeksi yang dilakukan DVR dengan kendali LMNN.....	58
Gambar 4.15 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali LMNN .....	59
Gambar 4.16 Grafik Tegangan (a) Sumber ; (b) Beban Sensitif .....	60
Gambar 4.17 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif.....	61
Gambar 4.18 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	61
Gambar 4.19 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis PI.....	62
Gambar 4.20 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI.....	62
Gambar 4.21 Respon Kontrol PI.....	63
Gambar 4.22 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI.....	63

Gambar 4.23 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	64
Gambar 4.24 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	64
Gambar 4.25 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> (LMNN) .....	64
Gambar 4.26 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	65
Gambar 4.27 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali LMNN .....	65
Gambar 4.28 Gelombang Tegangan (a) Sumber (b) Beban Sensitif; untuk Sistem Tanpa DVR .....	66
Gambar 4.29 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif .....	67
Gambar 4.30 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	68
Gambar 4.31 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis PI .....	68
Gambar 4.32 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI .....	68
Gambar 4.33 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI .....	69
Gambar 4.34 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	70
Gambar 4.35 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	70
Gambar 4.36 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> (LMNN) .....	70
Gambar 4.37 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali LMNN .....	71
Gambar 4.38 Sistem dengan Gangguan terjadi di Luar Jaringan Beban Sensitif .....	72
Gambar 4.39 Gelombang Tegangan (a) Sumber ; (b) Beban Sensitif; untuk Sistem Tanpa DVR .....	73
Gambar 4.40 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif .....	74
Gambar 4.41 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	75
Gambar 4.42 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis PI .....	75
Gambar 4.43 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI .....	75
Gambar 4.44 Grafik Respon Kontrol PI .....	76

Gambar 4.45 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI.....	76
Gambar 4.46 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	77
Gambar 4.47 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	77
Gambar 4.48 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> (LMNN).....	77
Gambar 4.49 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali LMNN .....	78
Gambar 4.50 Grafik Tegangan (a) Sumber ; (b) Beban Sensitif .....	79
Gambar 4.51 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif.....	80
Gambar 4.52 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	81
Gambar 4.53 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis PI.....	81
Gambar 4.54 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI.....	81
Gambar 4.55 Respon Kontrol PI.....	82
Gambar 4.56 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI.....	82
Gambar 4.57 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	83
Gambar 4.58 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	83
Gambar 4.59 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> (LMNN).....	83
Gambar 4.60 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	84
Gambar 4.61 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali LMNN .....	84
Gambar 4.62 Gelombang Tegangan (a) Sumber (b) Beban Sensitif; untuk Sistem Tanpa DVR .....	85
Gambar 4.63 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif.....	86
Gambar 4.64 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	87
Gambar 4.65 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis PI.....	87
Gambar 4.66 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali PI.....	87
Gambar 4.67 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI.....	88

Gambar 4.68 Grafik Gelombang Tegangan Sumber .....	88
Gambar 4.69 Grafik Tegangan Injeksi oleh DVR berbasis LMNN .....	89
Gambar 4.70 Grafik Tegangan Beban Sensitif Sistem Menggunakan DVR dengan Kendali <i>Levenberg Marquardt Neural Network</i> (LMNN) .....	89
Gambar 4.71 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali LMNN.....	90
Gambar 4.72 Gelombang Tegangan Beban Sensitif saat Gangguan Antar Fasa .....	90
Gambar 4.73 Gelombang Tegangan Injeksi DVR menggunakan SRF berbasis PI.....	91
Gambar 4.74 Gelombang Tegangan Beban Sensitif saat dilindungi DVR Menggunakan SRF berbasis PI.....	91
Gambar 4.75 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali PI.....	92
Gambar 4.76 Gelombang Tegangan Injeksi DVR menggunakan kendali berbasis LMNN .....	92
Gambar 4.77 Gelombang Tegangan Beban Sensitif saat dilindungi DVR menggunakan kendali LMNN.....	93
Gambar 4.78 Nilai Tegangan RMS pada Beban Sensitif Menggunakan DVR dengan kendali NN.....	93

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kategori dan karakteristik Gangguan Kualotas Daya Listrik IEEE, 1995.....	5
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	19
Tabel 4.1 Data hasil pelatihan LMNN.....	49
Tabel 4.2 Perbandingan Kinerja Akibat Gangguan Tegangan Kedip Pada Periode 0,02 – 0,08 Detik Dengan Ron = 30 Ohm Rg = 0,1 Ohm.....	95
Tabel 4.3 Perbandingan Kinerja Akibat Gangguan Tegangan Kedip Pada Periode 0,02 – 30 Detik Dengan Ron = 20 Ohm Rg = 0,1 Ohm.....	96
Tabel 4.4 Perbandingan Kinerja Akibat Gangguan Tegangan Kedip Pada Periode 0,02 – 60 Detik Dengan Ron = 10 Ohm Rg = 0,1 Ohm.....	97

