



**SISTEM PROTEKSI RELE JARAK PADA TRANSMISI GARDU INDUK
BANYUWANGI - PAITON BERBASIS *NEURAL NETWORK***

SKRIPSI

Oleh
Kevinaldo Barevan
NIM 141910201062

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**SISTEM PROTEKSI RELE JARAK PADA TRANSMISI GARDU INDUK
BANYUWANGI - PAITON BERBASIS *NEURAL NETWORK***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Kevinaldo Barevan
NIM 141910201062

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Proteksi Rele Jarak pada Transmisi Gardu Induk Banyuwangi - Paiton berbasis *Neural Network*” dan skripsi ini merupakan gerbang awal dalam mencapai kesuksesan yang lebih baik lagi. Maka dari itu, saya ingin mempersembahkan karya ini kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang bergantung kepada-Nya segala sesuatu.
2. Nabi Muhammad SAW, utusan Allah SWT untuk menjadi pedoman manusia.
3. Syamsul Bahri dan Evia Veranita sebagai orang tua yang telah mendidik saya sampai dewasa.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing kami selama dibangku perkuliahan. Terutama Dosen Pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M dan Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. yang telah membimbing dan meluangkan waktunya untuk membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Saudaraku seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”.
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.
7. Sahabat ABDHKN. Aldianto Wahyu Ramadhan, Rifqi Bagus Prabowo, Dwie Putri Donnaro, M. Haidlir Zulkarnain, dan Isnaini Nur Mufidah.
8. Mas Jodi Adwitya Pratama. Teman kerja praktik dan membantu proses pengerjaan skripsi ini.
9. Seluruh karyawan PT. PLN (Persero) Gardu Induk Jember dan PT. PLN (Persero) UIT JBTB Unit Pelaksana Transmisi Probolinggo.
10. Serta semua teman – teman yang telah menemani dalam suka maupun duka.

Kepada semua pihak yang telah membimbing, membantu, maupun sekedar menemani dalam menyelesaikan penelitian ini saya ucapkan banyak terima kasih.

MOTTO

“Jangan perintah orang lain melakukan apa yang kau ingin orang itu lakukan. Semua orang punya cara, tujuan, dan kebahagiaan hidupnya masing-masing.”

(Kevinaldo Barevan)

“Ingatlah kebahagiaan itu tidak bergantung pada siapa anda atau apa yang anda miliki, kebahagiaan hanya bergantung pada apa yang anda pikirkan.”

(Dale Carnegie)

“Secara teoritis saya meyakini hidup harus dinikmati, tapi kenyataannya justru sebaliknya – Karena tak semuanya mudah dinikmati.”

(Charles Lamb)

“Rasa sakit membuat anda berpikir. Pikiran membuat anda bijaksana. Kebijakan membuat kita bisa bertahan dalam hidup.”

(John Patrick)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kevinaldo Barevan

NIM : 141910201062

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : “Sistem Proteksi Rele Jarak pada Transmisi Gardu Induk Banyuwangi - Paiton berbasis *Neural Network*” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Januari 2019

Yang menyatakan,

Kevinaldo Barevan

NIM 141910201062

SKRIPSI

**SISTEM PROTEKSI RELE JARAK PADA TRANSMISI GARDU INDUK
BANYUWANGI - PAITON BERBASIS *NEURAL NETWORK***

Oleh
Kevinaldo Barevan
NIM 141910201062

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M

Dosen Pembimbing Anggota : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

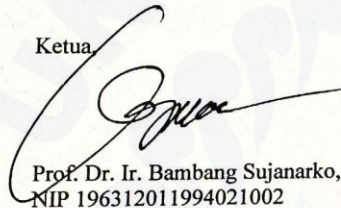
PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sistem Proteksi Rele Jarak pada Transmisi Gardu Induk Banyuwangi - Paiton berbasis *Neural Network*” Karya Kevinaldo Barevan telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 24 Januari 2019
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember


Tim Penguji,

Ketua



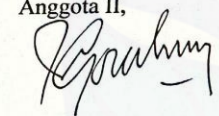
Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M
NIP 196312011994021002

Anggota I,



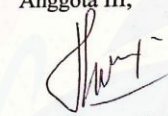
Supriyadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 197004041996011001

Anggota II,



RB. Moch. Gozali, S. T., M.T.
NIP 196906081999031002

Anggota III,



Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Sistem Proteksi Rele Jarak pada Transmisi Gardu Induk Banyuwangi - Paiton berbasis *Neural Network*; Kevinaldo Barevan, 141910201062; 2019; 77 halaman; Program Studi Strata 1 (S1) Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Menentukan lokasi gangguan merupakan hal yang penting dalam sistem transmisi energi listrik, sehingga gangguan dapat segera dihilangkan. Untuk itu lokasi gangguan sangat penting untuk dapat diketahui atau diperkirakan dengan akurasi yang cukup tinggi, sehingga dapat memungkinkan menghemat uang dan waktu untuk melakukan pemeriksaan dan perbaikan, serta untuk memberikan layanan yang lebih baik karena pemulihan listrik dapat dilakukan lebih cepat. Dalam hal ini dilakukan deteksi dalam menentukan akan terjadinya gangguan pada sistem transmisi gardu induk 150 kV. Pada penelitian ini, nilai yang digunakan adalah nilai tegangan dan arus tiap fasa sebagai pertimbangan dalam pembentukan deteksi gangguan. Untuk penelitian ini akan digunakan metode kecerdasan buatan *Neural Network* atau juga disebut dengan jaringan syaraf tiruan yang mengadaptasi dari jaringan syaraf biologi manusia. Sehingga diharapkan gangguan yang akan dialami dapat terlebih dideteksi lokasi keberadaannya dan jenisnya sehingga keandalan dalam penyedia layanan listrik akan menjadi lebih baik.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merancang sistem proteksi rele jarak antar gardu induk berdasarkan gangguan hubung singkatnya berbasis *neural network* dan merancang sistem proteksi rele jarak antar gardu induk berdasarkan lokasi gangguan berbasis *neural network*. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah laptop dan aplikasi Matlab R2009a dan R2015a. Data yang akan digunakan pada pelatihan penelitian kali ini ialah data pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2017, dimana dari data-data tersebut akan dibagi menjadi data *input* dan data target pelatihan *neural network*. Data tersebut disusun menjadi 6 jenis data *input* dengan 10 sampel dan 10 data target pada kedua percobaan. Dari hasil data yang dilatih maka dapat diuji dengan tampilan GUI yang sudah dibuat dan juga membuat simulasi menggunakan *simulink* Matlab.

Konfigurasi untuk membangun jaringan pelatihan *neural network* terkecil yang digunakan sebagai jaringan sistem proteksi menggunakan fungsi pelatihan *trainlm*, fungsi transfer pada *hidden layer* menggunakan *logsig* dan fungsi transfer *purelin* untuk lapisan *output* dengan berhenti saat *hidden layer* sebanyak 50 untuk deteksi zona gangguan dan 20 untuk deteksi jenis gangguan. Sistem proteksi rele jarak dengan menggunakan metode *neural network* pada pemodelan GUI saat dilakukan pengujian data beban sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2017 memiliki nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk jenis gangguan sebesar 0,39662% dan untuk zona gangguan sebesar 2,2984%. Sistem proteksi rele jarak dengan menggunakan metode *neural network* pada pemodelan *simulink* saat dilakukan pengujian data beban sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2017 memiliki nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk jenis gangguan sebesar 98,2273% dan untuk zona gangguan sebesar 122,895%.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Proteksi Rele Jarak pada Transmisi Gardu Induk Banyuwangi - Paiton berbasis *Neural Network*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, disampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rizki dan rahmat-Nya serta memberi kelancaran dan kemudahan atas segalanya, sehingga terselesaikannya proyek akhir ini.
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun kita kepada peradaban manusia yang lebih baik.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membantu dan meluangkan waktunya, serta memberikan bimbingan dalam penyusunan penelitian ini.
5. Bapak RB. Moch. Gozali, S. T., M.T. selaku dosen penguji utama dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dosen penguji anggota yang telah membantu memberikan kritik dan saran yang dapat membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan menanamkan rasa disiplin dan tanggung jawab dengan apa yang dilakukakan selama penulis menjadi mahasiswa.
7. Para dosen beserta seluruh staf karyawan Fakultas Teknik Universitas Jember, terima kasih atas segala bantuan dan dukungannya selama ini.

8. Syamsul Bahri dan Evia Veranita, ayah dan ibu tercinta yang telah mendidik, memberi kasih sayang dan mendoakan saya.
9. Saudara elektro angkatan 2014 “KETEK UJ”.
10. Sahabat ABDHKN. Aldianto Wahyu Ramadhan, Rifqi Bagus Prabowo, Dwie Putri Donnaro, M. Haidlir Zulkarnain, dan Isnaini Nur Mufidah.
11. Mas Jodi Adwitya Pratama. Teman kerja praktik dan membantu proses pengerjaan skripsi ini.
12. Seluruh karyawan PT. PLN (Persero) Gardu Induk Jember dan PT. PLN (Persero) UIT JBTB Unit Pelaksana Transmisi Probolinggo.
13. Semua pihak yang terlibat dalam membantu penyelesaian penelitian ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir agar dapat lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan kedepannya untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 22 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN RINGKASAN	vii
HALAMAN PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gangguan Listrik.....	4
2.1.1 Gangguan Satu Fasa ke Tanah	4
2.1.2 Gangguan Fasa ke Fasa.....	5
2.1.3 Gangguan Dua Fasa ke Tanah.....	5
2.1.4 Gangguan Tiga Fasa	6
2.2 Rele Jarak	6

2.3	Penyetelan Daerah Jangkauan Pada Rele Jarak.....	8
2.3.1	Zona 1	9
2.3.2	Zona 2	9
2.3.3	Zona 3	10
2.4	Deteksi dengan <i>Neural Network</i>	10
2.5	Rele <i>Simulink</i>	12
BAB 3.	METODE PENELITIAN	14
3.1	Rancangan Penelitian.....	14
3.1.1	Jenis Penelitian	14
3.1.2	Tempat dan Waktu.....	14
3.1.3	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	14
3.1.4	Alat dan Bahan	14
3.2	Diagram Alir Penelitian	15
3.3	Jenis dan Sumber Data	16
3.3.1	Pengumpulan Data.....	16
3.3.2	Pengambilan Data.....	16
3.3.3	Pengolahan Data.....	17
3.3.4	Analisis Hasil	17
3.3.5	Kesimpulan dan Saran	17
3.4	Pemodelan <i>Neural Network</i>	17
3.5	<i>Single Line Diagram</i> GI Banyuwangi, Situbondo, dan Paiton ..	22
3.6	Perhitungan Gangguan Transmisi.....	24
3.6.1	<i>Setting</i> Rele	24
3.6.2	Zona Gangguan	25
3.6.3	Jenis Gangguan.....	26
3.6.4	Performa <i>Neural Network</i>	27
3.7	Komponen Blok <i>Simulink</i>.....	29
3.7.1	<i>Three Phase Section Line</i>	30
3.7.2	<i>Three Phase Source</i> dan <i>Three Phase Load</i>	30
3.7.3	<i>Three Phase Measurement</i>	31
3.7.4	<i>Three Phase Fault</i>	31

3.7.5 Step	31
3.7.6 Scope dan Display	32
3.7.7 Powergui dan blok NN simulink	32
3.7.8 Input dan Output.....	32
3.7.9 Round Function, Constant, dan Relational Operator.....	32
3.7.11 Flip-flop dan Logical Operator	33
3.7.12 Data Type Conversion	33
3.8 Metode Analisis Data.....	33
3.8.1 Metode Statistik Inferensial	33
3.8.1 Metode Multivariat	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pembahasan.....	34
4.1.1 Data Pelatihan <i>Neural Network</i>	34
4.1.2 Analisis Pengujian Data dengan Hasil Uji <i>Neural Network</i> ...	36
4.1.3 Analisis Pengujian Data dengan Matlab GUI	40
4.1.4 Analisis Pengujian Data dengan <i>Simulink</i>	42
BAB 5. PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	4
Gambar 2.2 Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa.....	5
Gambar 2.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah.....	6
Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	6
Gambar 2.5 Skema Letak Rele Jarak Pada Transmisi 150 kV.....	7
Gambar 2.6 Skema Transmisi 150 kV Banyuwangi-Situbondo-Paiton	9
Gambar 2.7 Fungsi Transfer Log-Sigmoid	11
Gambar 2.8 Arsitektur <i>Neural Network</i> dengan <i>Backpropagation</i>	11
Gambar 2.9 Contoh Pemodelan Relay Jarak dengan <i>Simulink</i>	12
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Pemodelan GUI pada Sistem Proteksi Rele Jarak dengan NN	21
Gambar 3.3 Struktur Dasar <i>Neural Network</i> pada Penelitian	22
Gambar 3.4 <i>Single Line Diagram</i> GI Banyuwangi	22
Gambar 3.5 <i>Single Line Diagram</i> GI Situbondo	23
Gambar 3.6 <i>Single Line Diagram</i> GI Paiton.....	23
Gambar 3.7 Pemodelan <i>Simulink</i> pada Sistem Proteksi Rele Jarak dengan NN.	29
Gambar 4.1 Performa <i>Neural Network</i> Deteksi Jenis Gangguan	39
Gambar 4.2 Performa <i>Neural Network</i> Deteksi Zona Gangguan.....	39
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Hasil Uji dan Data Jenis Gangguan (GUI)....	41
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Hasil Uji dan Data Zona Gangguan (GUI) ...	41
Gambar 4.5 Grafik <i>Scope</i> Arus Gangguan.....	42
Gambar 4.6 Grafik <i>Scope</i> Tegangan Gangguan	43
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Hasil Uji dan Data Jenis Gangguan (<i>Simulink</i>)	45
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Hasil Uji dan Data Zona Gangguan (<i>Simulink</i>)	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rumus Impedansi Gangguan	8
Tabel 2.2 Data <i>Setting</i> Rele	13
Tabel 3.1 Data Gangguan	17
Tabel 4.1 Data Arus dan Tegangan Saat Terjadi Gangguan	35
Tabel 4.2 Data Zona dan Jenis Gangguan Saat Terjadi Gangguan	36
Tabel 4.3 Data Perbandingan Hasil Uji Dan Data Asli Dengan Program GUI....	40
Tabel 4.4 Data Perbandingan Hasil Uji Dan Data Asli Dengan <i>Simulink</i>	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. <i>Listing Program Neural Network</i> dan GUI.....	52
B. <i>Listing Program Neural Network</i> untuk <i>Simulink</i> Jenis Gangguan.....	55
C. <i>Listing Program Neural Network</i> untuk <i>Simulink</i> Zona Gangguan.....	56
D. Gambar Hasil Percobaan <i>Neural Network</i> dan GUI.....	57
E. Gambar Hasil Percobaan <i>Simulink</i> Jenis Gangguan	67
F. Gambar Hasil Percobaan <i>Simulink</i> Zona Gangguan	72
G. Data Gangguan Antar Transmisi 150 kV Banyuwangi-Paiton	77

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga atau sistem kelistrikan adalah keseluruhan komponen listrik yang saling terhubung, di mana ada pembangkitan (*generation*), pengiriman (*transmisi*), dan pendistribusian (*distribution*) energi ke konsumen. (Daniel Nugroho, 2015). Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya (Prabowo, 2012).

Sistem proteksi, merupakan salah satu hal yang paling vital di dunia ketenagalistrikan. Sistem proteksi digunakan untuk menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik serta mengamankan baik peralatan jaringan listrik maupun beban listrik atau konsumen akibat adanya gangguan (Febriantoro, 2014). Dalam bidang instalasi listrik tidak jarang peralatan yang akan dipasang oleh instalatir pada instalasi listrik mengalami kerusakan, terkadang alat tersebut tidak berfungsi dengan baik, tidak sesuai dengan standar, atau cara kerjanya tidak sesuai dengan yang diharapkan. Gardu induk merupakan bagian vital dari sistem tenaga listrik, tanpa adanya gardu induk maka tenaga listrik tidak dapat disalurkan. Gardu induk sebagai salah satu komponen pada sistem penyaluran tenaga listrik memegang peranan yang sangat penting karena merupakan penghubung pelayanan tenaga listrik ke konsumen (Marco, 2013).

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik sangat beragam besaran dan jenisnya. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu gangguan yang berasal dari sistem dan gangguan yang berasal dari luar sistem. (Dachlan, 2013). Gangguan hubung singkat menyebabkan terjadinya interupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (*circuit*) atau menyebabkan keluarnya satu unit pembangkit, penurunan tegangan yang cukup

besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintang kerja normal pada peralatan konsumen, pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator, dan merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan tersebut. (Sitepu, 2013)

Menentukan lokasi gangguan merupakan hal yang penting dalam sistem transmisi energi listrik, sehingga gangguan dapat segera dihilangkan. Untuk itu lokasi gangguan sangat penting untuk dapat diketahui atau diperkirakan dengan akurasi yang cukup tinggi, sehingga dapat memungkinkan menghemat uang dan waktu untuk melakukan pemeriksaan dan perbaikan, serta untuk memberikan layanan yang lebih baik karena pemulihan listrik dapat dilakukan lebih cepat (Qoyyimi, 2017). Metode NN merupakan suatu model komputasi yang menggunakan proses pembelajaran atau pelatihan yang dapat digunakan untuk membantu memecahkan permasalahan di sistem tenaga listrik (Azriyenni, 2017). Dalam hal ini dilakukan deteksi dalam menentukan akan terjadinya gangguan pada sistem transmisi gardu induk 150 kV. Pada penelitian ini, nilai yang digunakan adalah nilai tegangan dan arus tiap fasa sebagai pertimbangan dalam pembentukan deteksi gangguan. Untuk penelitian ini akan digunakan metode kecerdasan buatan *Neural Network* atau juga disebut dengan jaringan syaraf tiruan yang mengadaptasi dari jaringan syaraf biologi manusia. Sehingga diharapkan gangguan yang akan dialami dapat dideteksi lokasi keberadaannya dan jenisnya sehingga keandalan dalam penyedia layanan listrik akan menjadi lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu terhadap permasalahan yang telah dipaparkan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang ditekankan adalah masalah deteksi gangguan pada sistem tenaga listrik dengan memperkirakan berdasarkan beberapa faktor yaitu

1. Bagaimana menyusun sistem proteksi rele jarak pada sistem transmisi jaringan listrik dengan menggunakan *Neural Network* berdasarkan fasanya?

2. Bagaimana menyusun sistem proteksi rele jarak pada sistem transmisi jaringan listrik dengan menggunakan *Neural Network* berdasarkan lokasinya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gangguan yang terjadi adalah hubung singkat antar fasa atau antar fasa dengan tanah (*ground*).
2. Tidak dipengaruhi laju perekonomian dan pertumbuhan penduduk.
3. Nilai luas penampang, kapasitas arus, dan diameter pada penghantar diabaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem proteksi rele jarak antar gardu induk berdasarkan gangguan hubung singkatnya berbasis *neural network*.
2. Merancang sistem proteksi rele jarak antar gardu induk berdasarkan lokasi gangguan berbasis *neural network*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu mengetahui gangguan pada sistem tenaga listrik yang terjadi atau secara khusus dapat mengetahui letak dari gangguan tersebut pada suatu saluran transmisi serta mengetahui jenis gangguannya. Hal ini dapat diperoleh dengan pendekatan yang paling efisien dengan melakukan suatu simulasi sesuai kondisi di lapangan dan melakukan perumusan dari gangguan yang akan terjadi dan lokasi dari gangguan tersebut. Sehingga pengambilan keputusan yang tepat dan efisien terhadap suatu gangguan dapat mempengaruhi keandalan sistem tenaga menjadi lebih baik.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

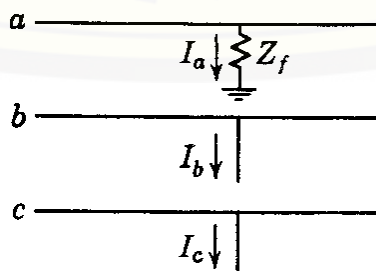
2.1 Gangguan Listrik

Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. (Dachlan, 2013)

Sumber gangguan pada jaringan tegangan menengah dapat berasal dari dalam dan dari luar. Salah satu jenis gangguan adalah gangguan hubung singkat yang dibedakan menjadi 4 jenis (Stevenson, 1955), yaitu

2.1.1 Gangguan Satu Fasa ke Tanah

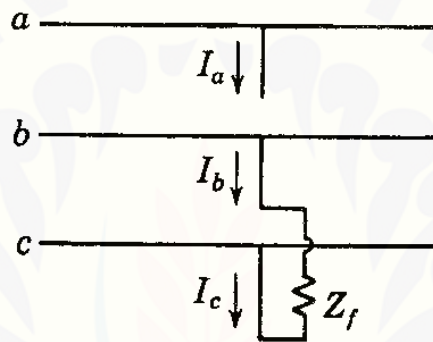
Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (*single line to ground*) merupakan hubung singkat yang terjadi karena hubung penghantar fasa dan tanah saling bersentuhan. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah termasuk gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah merupakan gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik, prosentase dari gangguan ini sekitar 70% dari gangguan hubung singkat yang lain. Seperti pada gambar 2.1. Gangguan ini bersifat temporer, tidak ada kerusakan permanen di titik gangguan.



Gambar 2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah (Stevenson, 1955)

2.1.2 Gangguan Fasa ke Fasa

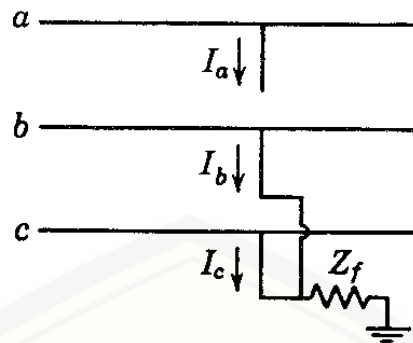
Gangguan hubung singkat fasa ke fasa (*line to line*) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersentuhannya antara penghantar fasa yang satu dengan penghantar fasa yang lainnya, sehingga terjadi arus lebih (*over current*). Gangguan hubung singkat fasa ke fasa termasuk gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Dapat dilihat pada gambar 2.2. Gangguan *line to line* dapat diakibatkan bersentuhannya penghantar fasa karena terkena ranting pohon yang tertiuip oleh angin. Prosentase terjadi gangguan hubung singkat *line to line* adalah 15%.



Gambar 2.2 Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa (Stevenson, 1955)

2.1.3 Gangguan Dua Fasa ke Tanah

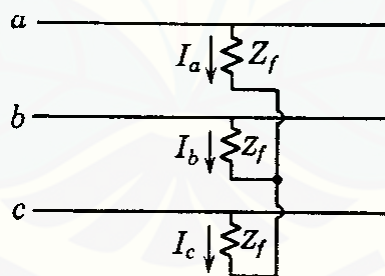
Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (*line to line to ground*) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi bila dua fasa salurannya atau dua fasa penghantar terhubung ke tanah, gangguan ini termasuk gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Prosentase terjadi gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah adalah 10%. Gangguan Hubung singkat *line to line to ground* (LLG) dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah (Stevenson, 1955)

2.1.4 Gangguan Tiga Fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa (LLL) merupakan gangguan hubung singkat yang terjadi karena bersentuhannya ketiga penghantar fasa, gangguan ini dapat diakibatkan oleh tumbangnya pohon yang kemudian menimpa kabel jaringan, sehingga memutus kabel fasa secara bersamaan. Gangguan ini termasuk gangguan hubung singkat simetri. Prosentase untuk terjadi gangguan hubung singkat ini adalah 5%. Gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.

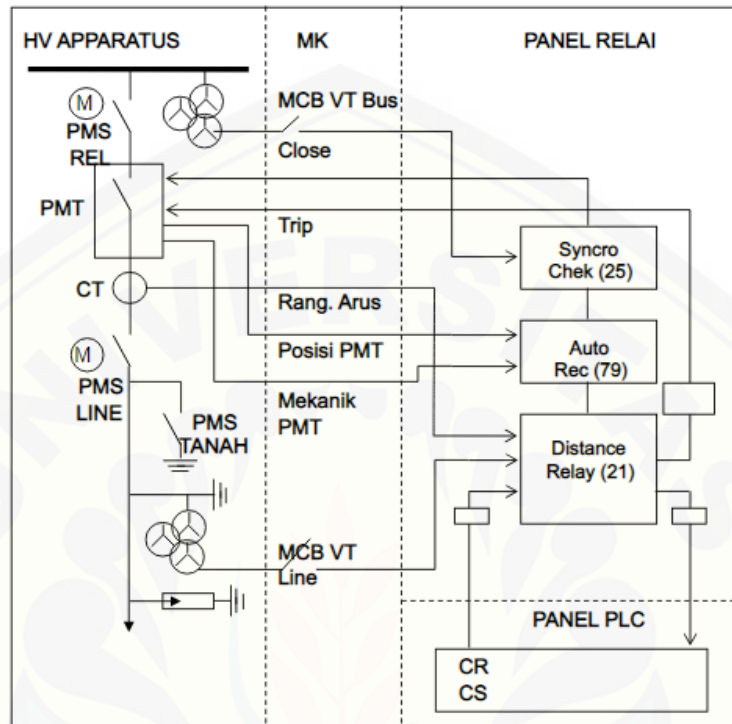


Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa (Stevenson, 1955)

2.2 Rele Jarak

Distance Relay merupakan salah satu jenis rele proteksi yang digunakan sebagai pengaman pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan (*fault clearing*) dengan cepat dan penyatelannya yang relatif mudah. Pada prinsipnya, distance Rele adalah mengukur nilai arus dan nilai tegangan pada suatu titik tertentu sehingga diperoleh nilai impedansinya ($Z=V/I$),

kemudian membandingkannya dengan nilai setting impedansi tertentu dari *distance Rele* tersebut untuk menentukan apakah rele harus bekerja atau tidak. (Syafar, 2010).



Gambar 2.5 Skema Letak Rele Jarak Pada Transmisi 150 kV (Samad, 2014)

Distance Rele mengukur tegangan pada titik Rele dan arus gangguan yang terlihat dari Rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan. Perhitungan impedansi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- Z_f = Impedansi Gangguan (Ohm)
- V_f = Tegangan Gangguan (kiloVolt)
- I_f = Arus gangguan (Ampere)

Pada dasarnya, ketika suatu gangguan terjadi pada saluran transmisi rele jarak mengukur impedansi antara fasa yang mengalami gangguan dalam kasus gangguan

fasa ke fasa atau satu fasa ke tanah. *Distance Rele* akan bekerja dengan cara membandingkan impedansi gangguan yang terukur dengan setting impedansi pada distance Rele, dengan ketentuan (Anderson,1998):

- a. Jika harga impedansi gangguan lebih kecil daripada setting impedansi distance Rele, maka distance Rele akan bekerja.
- b. Jika harga impedansi gangguan lebih besar atau sama dengan setting impedansi distance rele, maka distance rele tidak akan bekerja.

Tabel 2.1 Rumus Impedansi Gangguan (Anderson, 1998)

Jenis Gangguan	Rumus
ABC atau ABCG	(VA / IA) atau (VB / IB) atau (VC / IC)
AB atau ABG	$(VA - VB)/(IA - IB)$
AC atau ACG	$(VA - VC)/(IA - IC)$
BC atau BCG	$(VB - VC)/(IB - IC)$
AG	$VA / (IA + 3 k0 I0)$
BG	$VB / (IB + 3 k0 I0)$
CG	$VC / (IC + 3 k0 I0)$

Dimana,

$VA, VB,$ dan VC = Tegangan fasa

$IA, IB,$ dan IC = Arus fasa

$k0$ = Faktor kompensasi residual.

$$\frac{k0 = (Z0 - Z1)}{k.Z1} \dots\dots\dots(2)$$

$k = 1$ atau 3 tergantung pada desain rele.

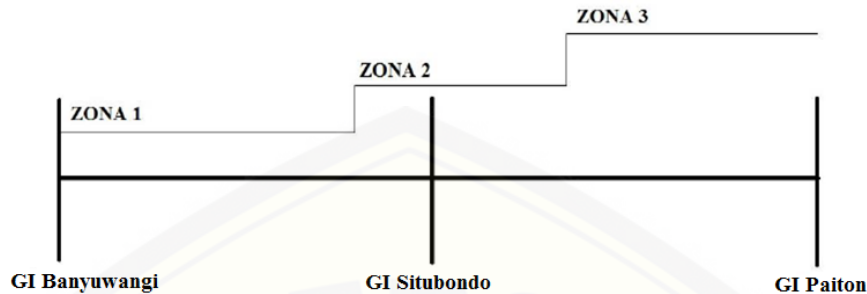
$Z0$ = Impedansi urutan nol

$Z1$ = Impedansi urutan positif

2.3 Penyetelan Daerah Jangkauan Pada Rele Jarak

Rele jarak adalah pengaman utama pada SUTT/SUTET. Rele jarak bekerja dengan mengukur impedansi transmisi yang terbagi menjadi beberapa daerah cakupan yaitu zona 1, zona 2, zona 3, serta dilengkapi juga dengan teleproteksi

sebagai agar proteksi bekerja selalu cepat dan selektif di daerah pengamanannya (Sanusi, 2017).



Gambar 2.6 Skema Transmisi 150 kV Banyuwangi-Situbondo-Paiton

Nilai impedansi pada saluran transmisi dicari dengan rumus berikut :

$$ZL = \text{panjang saluran} \times Z_{\text{saluran/Km}} \dots \dots \dots (3)$$

2.3.1 Zona 1

Jangkauan perlindungan zona 1 mencakup sebesar 80% dari panjang saluran yang diamankan, sehingga dapat dituliskan persamaan matematisnya sebagai berikut:

$$\text{Zona 1} = 0.8 \times ZL1 \dots \dots \dots (4)$$

Dengan :

ZL1= impedansi saluran transmisi yang diamankan (ohm)

Rele bekerja seketika, $t = 0$

2.3.2 Zona 2

Daerah yang diamankan pada zona 2 yaitu sisa daerah yang tidak terlindungi oleh zona 1 sampai ke penghantar berikutnya. Untuk zona 2 berlaku rumus sebagai berikut:

$$\text{Zona2Max} = 0.8 (ZL1 + 0.8ZL2) \dots \dots \dots (5)$$

Dengan :

ZL1= impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL2= impedansi saluran transmisi berikutnya yang diamankan (ohm)

Waktu kerja rele zona 2 adalah $t_2 = 0.4$ detik

2.3.3 Zona 3

Daerah yang diamankan pada zona 3 dapat ditentukan dengan mempertimbangkan sisa penghantar yang tidak terlindungi oleh zona 2, minimal sampai akhir seksi berikutnya. Untuk zona 3 berlaku rumus :

$$\text{Zona3Max} = 1.2 (\text{ZL1} + \text{ZL2}) \dots \dots \dots (6)$$

Waktu kerja rele $t_3 = 1.2$ detik

Keterangan :

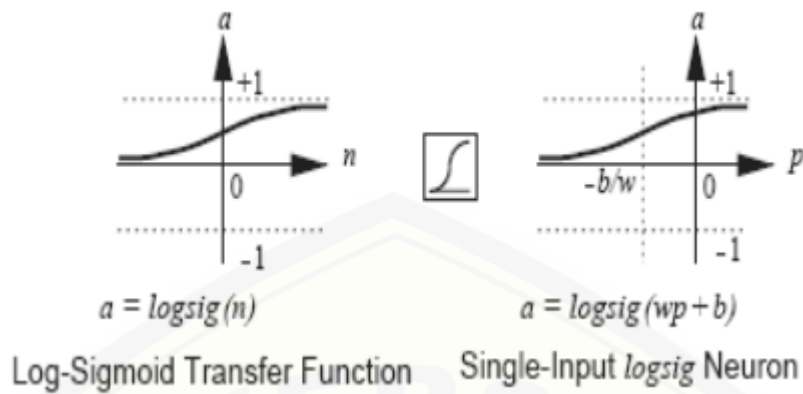
ZL1= Impedansi saluran yang diamankan (ohm)

ZL2= Impedansi saluran transmisi saluran berikutnya yang diamankan (ohm)

2.4 Deteksi dengan *Neural Network*

Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu struktur komputasi yang dikembangkan berdasarkan proses sistem jaringan syaraf biologi dalam otak. ANN merupakan penjabaran fungsi otak manusia (*biological neuron*) dalam bentuk fungsi matematika yang menjalankan proses perhitungan secara paralel (Ashish, 2002). Sementara itu ANN bersifat fleksibel terhadap masukan data dan menghasilkan respon yang konsisten. Jaringan yang terdiri dari beberapa lapisan (*multilayer*) dapat menunjukkan kapabilitasnya yang sempurna untuk memecahkan berbagai permasalahan. Pembelajaran ANN dapat menyelesaikan perhitungan paralel untuk tugas-tugas yang rumit, seperti prediksi dan pemodelan; klasifikasi dan pola pengenalan; pengklasteran; dan optimisasi (Hermantoro, 2008). Sebagai langkah awal pengolahan dan data pengujian yang dihasilkan dari sistem misalnya pada jalur transmisi yang terkumpul. Langkah pertama adalah deteksi dari situasi gangguan dalam sistem. Setelah itu, klasifikasi gangguan dan lokasi gangguan (Tayeb, 2013).

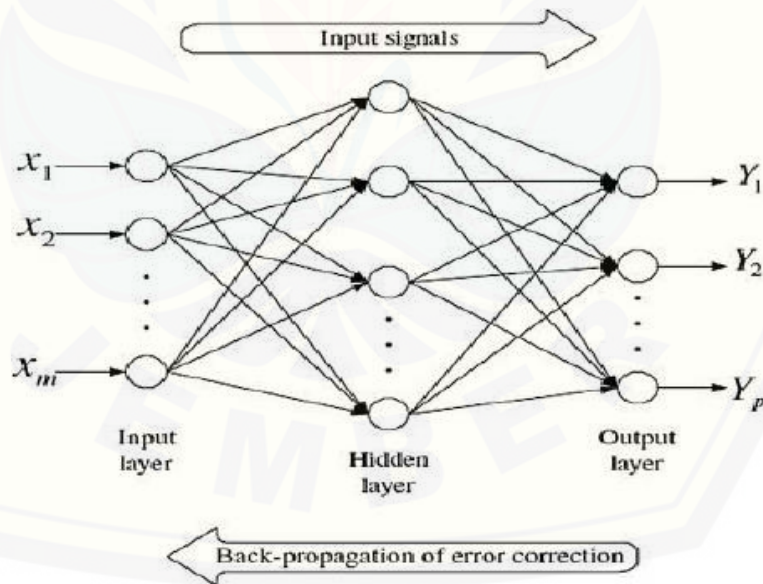
Sebuah fungsi transfer tertentu dapat dipilih untuk memecahkan beberapa masalah yang spesifik, sehingga dapat disimpulkan bahwa suatu neuron sedang memecahkan suatu masalah tersebut. Fungsi transfer log-sigmoid yang digunakan pada *backpropagation* dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Fungsi Transfer Log-Sigmoid (Noviana, 2008)

Fungsi transfer ini menangani masukan (yang mungkin mempunyai nilai minus maupun plus yang tidak terbatas) dan menghimpit keluaran pada range 0 sampai 1, sesuai dengan pernyataan (Noviana, 2008):

$$a = \frac{1}{1 + \exp^{-n}} \dots\dots\dots(7)$$

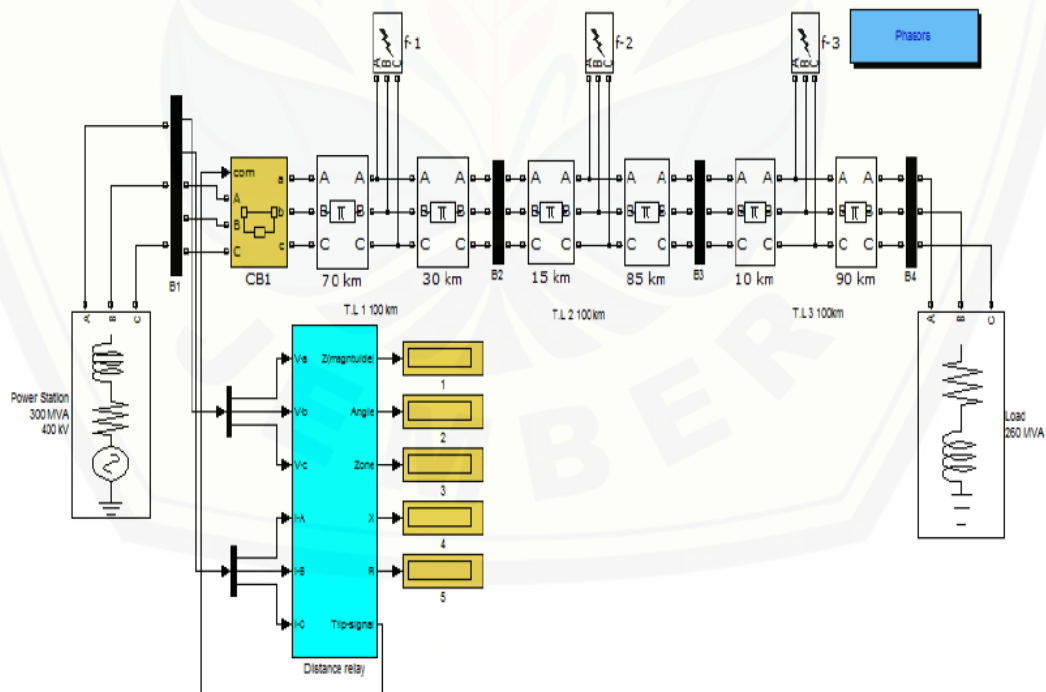


Gambar 2.8 Arsitektur *Neural Network* dengan *Backpropagation* (Ghafari, 2014)

2.5 Rele Simulink

Untuk memahami fungsi rele model rele perangkat lunak harus direalisasikan. Pemodelan rele proteksi menawarkan alternatif yang ekonomis dan layak untuk mempelajari kinerja dari rele proteksi. Pemodelan rele telah lama digunakan dalam berbagai tugas, seperti mendesain algoritma rele baru dan mengoptimalkan pengaturan rele. Utilitas daya listrik menggunakan model rele berbasis komputer untuk mengonfirmasi kinerja rele selama gangguan sistem dan kondisi pengoperasian normal serta untuk melakukan penyesuaian korektif yang diperlukan pada pengaturan rele.

Salah satu paket perangkat lunak analisis kuat yang diakui di seluruh dunia adalah MATLAB *simulink* yang memiliki kemampuan untuk memodelkan, mensimulasikan, dan menganalisis sistem dinamis menggunakan *SimPowerSystems* dalam *simulink*. Bagian-bagian berbeda dari sistem seperti transformator tiga fase, beban tiga fase, parameter transmisi, pemutus sirkuit, dan lain-lain juga dapat digunakan untuk aplikasi AC dan DC (Mrehel, 2013).



Gambar 2.9 Contoh Pemodelan Relay Jarak dengan *Simulink* (Mrehel, 2013)

Tabel 2.2 Data *Setting* Rele (Mrehel, 2013)

Zona	<i>Setting</i>	Impedansi (Ω)
1	80% T.L1	27,82
2	80% (T.L1+80%T.L2)	39,28
3	120% (T.L1+T.L2)	72,07

Matlab atau *simulink* menyediakan komponen simulasi yang baik untuk memodelkan simulasi rele proteksi. *Simulink* menawarkan berbagai pilihan blok komponen yang memungkinkan simulasi rele dibuat dengan lebih terperinci. Aspek simulasi rele, seperti pengkondisian sinyal, konversi sinyal, *filtering*, estimasi sumber, dan algoritma proteksi dapat dimodelkan menggunakan blok umum dan blok khusus dari set blok pemrosesan tenaga listrik.

Rele memungkinkan melakukan deteksi langsung pada fasa yang terlibat dalam suatu gangguan, yang kemudian melakukan trip. Gambar 2.9 menunjukkan blok deteksi gangguan yang dibuat pada *simulink*. Blok pendeteksi gangguan menentukan jenis dan zona gangguan yang mengirim sinyal ke blok pengukuran impedansi untuk mendapatkan nilai impedansi dari gangguan tersebut. Tabel 2.2 menunjukkan perumusan nilai pengaturan rele dan nilai impedansi *setting* yang akan dibuat dalam blok *distance relay*. Nilai impedansi tersebut nantinya akan dibandingkan oleh nilai dari proses blok *distance relay*. Jika nilai impedansi dari sistem ini memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai impedansi *setting* rele, maka akan muncul nilai berupa zona satu, dua, atau tiga yang akan muncul pada blok *display*. Pengaturan gangguan dapat dilakukan pada blok f-1, f-2, dan f-3 yang kemudian akan menyebabkan perubahan nilai arus dan tegangan dari nilai normal saat tidak terjadi gangguan. Saat keadaan gangguan inilah blok *distance relay* yang mendapatkan input berupa arus dan tegangan memproses dan mengeluarkan *output* besar impedansi, sudut impedansi, zona, X, R, dan sinyal *trip*. Sinyal *trip* inilah yang tersambung ke *breaker* yang akan memerintah *breaker* untuk *open*.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tempat dan waktu, ruang lingkup, jenis dan sumber data, serta metode pengumpulan data.

3.1 Rancangan Penelitian

3.1.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu berupa rancangan penelitian kuantitatif. Jenis penelitian ini bertujuan untuk mengambil data dari perusahaan listrik PLN Gardu Induk Jember. Selanjutnya, akan dilakukan perancangan dari deteksi gangguan transmisi Gardu Induk Banyuwangi, Situbondo, dan Paiton.

3.1.2 Tempat dan Waktu

Penelitian ini diperkirakan akan membutuhkan waktu 9 bulan, dimulai dari bulan Februari 2018 sampai dengan bulan Desember 2018 bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Pengambilan data untuk penelitian deteksi gangguan menggunakan data historis tegangan dan arus tiap fasa yaitu di PLN Gardu Induk Jember untuk sistem transmisi antar Gardu Induk Banyuwangi, Situbondo, dan Paiton.

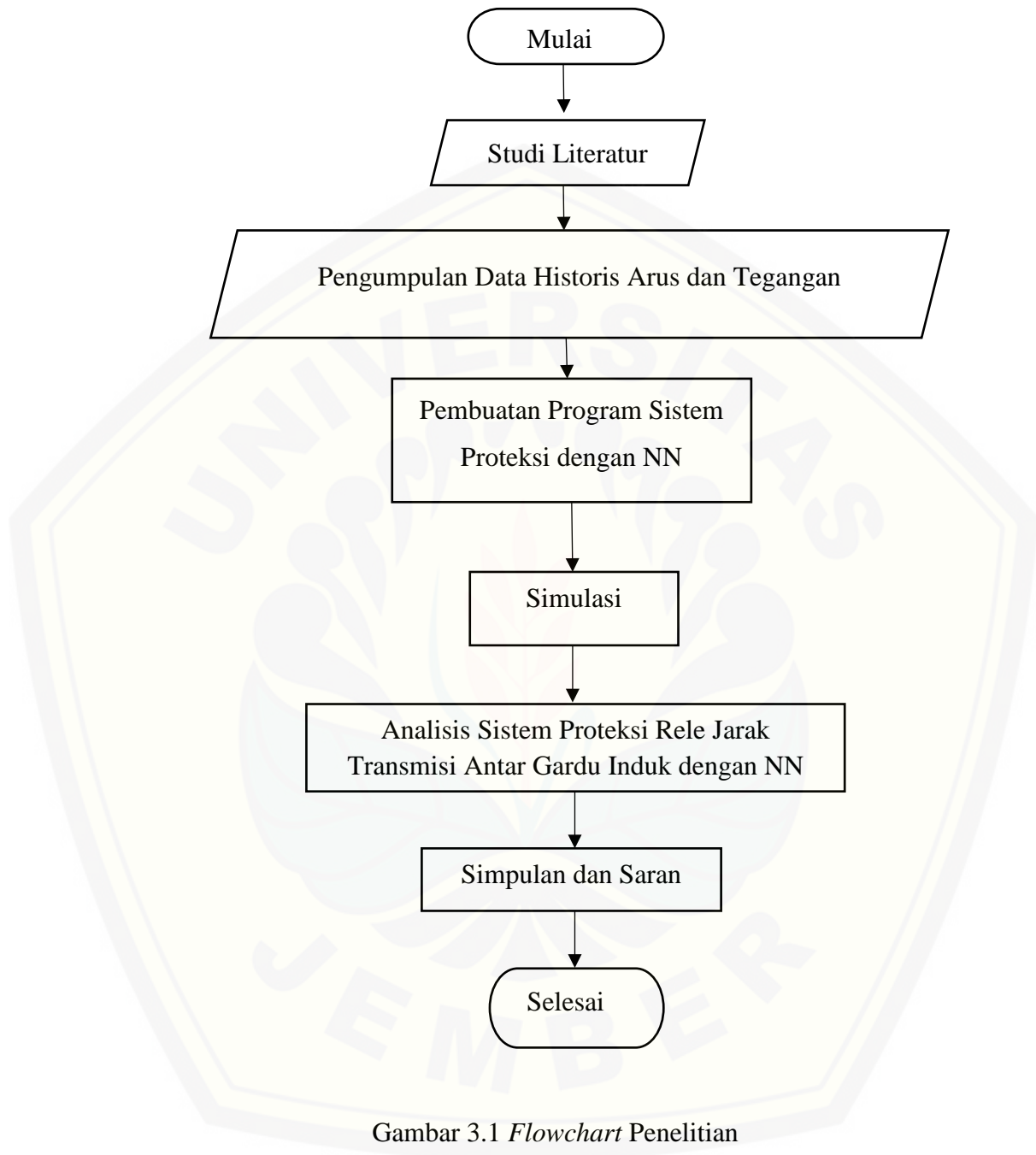
3.1.3 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Skripsi yang berjudul “Sistem Proteksi Rele Jarak Pada Transmisi Gardu Induk Jember Berbasis *Neural Network*”. Pelaksanaan pembuatan tugas akhir akan dilaksanakan di Gardu Induk Jember dan Perumahan Jember Permai I. Jalan Raung II/K4, Sumbersari. Jember. Penelitian ini akan dimulai pada bulan Februari 2018.

3.1.4 Alat dan Bahan

1. Laptop
2. *Software* MATLAB R2009a dan R2015a

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.3 Jenis dan Sumber Data

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh oleh penulis melalui dua bagian yaitu:

a. Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)

Penelitian kepustakaan atau juga sering disebut studi pustaka merupakan proses pengambilan data baik untuk latar belakang ataupun landasan teori yang berasal dari buku-buku, internet, *International Journal*, jurnal nasional, maupun *e-book*. Data-data tersebut selanjutnya akan dijadikan referensi oleh peneliti atau penulis untuk proses penelitian dan penyusunan skripsi. Data yang diperoleh dari studi pustaka ini merupakan data sekunder, dikarenakan mengutip dari berbagai referensi tanpa langsung terjun ke lapangan.

b. Penelitian Kuantitatif

Penelitian ini dilakukan dengan cara mendapatkan dan mengolah data. Untuk penelitian kali ini tempat dilakukannya penelitian adalah PLN Gardu Induk Jember. Data kuantitatif merupakan jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung, yang berupa informasi atau penjelasan yang dinyatakan dengan bilangan atau berbentuk angka. Jenis data ini merupakan data primer. Dalam hal ini data kuantitatif yang diperlukan adalah data historis tegangan dan arus gangguan transmisi gardu induk.

3.3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data yang dilakukan disini adalah mengenai data historis gangguan yang terjadi pada jaringan Gardu Induk Kabupaten Jember. Data ini akan diambil selama kurang lebih 14 hari. Data yang diambil adalah data setiap beberapa waktu selama 3 tahun dari tahun 2014 sampai 2017 dengan jenis gangguan, arus tiap fasa, dan tegangan tiap fasa. Selain itu zona gangguan dan jarak antar gardu induk. Hal ini dilakukan untuk melakukan deteksi dan mendapatkan hasil lokasi gangguan dan jenisnya dari faktor tersebut dengan *Neural Network*.

Tabel 3.1 Data Gangguan

No.	Tanggal	Transmisi	Gangguan	Arus Gangguan (A)			Tegangan Gangguan (kV)			Zona
				Ia	Ib	Ic	Va	Vb	Vc	

3.3.3 Pengolahan Data

Teknik pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah teknik pengolahan data secara sistematis. Data-data yang diperoleh melalui studi pustaka dan *direct observation* akan diolah sesuai dengan kebutuhan untuk proses penelitian. Data-data ini akan digunakan untuk proses penyelesaian penelitian mengenai deteksi gangguan ini.

3.3.4 Analisis Hasil

Data-data yang terkumpul tersebut selanjutnya diolah melalui analisis sehingga diperoleh hasil untuk parameter-parameter yang akan dibandingkan. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan lokasi berdasarkan zona antar gardu induk dan melakukan rancangan sistem proteksi dengan nilai-nilai data historis gangguan yang sudah ada. Hasil dari sistem ini akan didapat lokasi terjadinya gangguan dan jenis gangguannya.

3.3.5 Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan dan perbandingan serta analisis. Dan juga pemberian saran yang dimaksud untuk pertimbangan atas pengembangan selanjutnya. Pengambilan kesimpulan dan saran dilakukan setelah menganalisa data yang telah didapat.

3.4 Pemodelan *Neural Network*

Model jaringan backpropagation merupakan suatu teknik pembelajaran atau pelatihan *supervised learning* yang paling banyak digunakan. Metode ini merupakan salah satu metode yang sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola kompleks. Didalam jaringan backpropagation, setiap unit yang berada di lapisan input berhubungan dengan setiap unit yang ada di lapisan

tersembunyi. Setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan output (Maria Agustin, 2012).

Jaringan ini terdiri dari banyak lapisan (*multilayer network*). Ketika jaringan ini diberikan pola masukan sebagai pola pelatihan, maka pola tersebut menuju unit-unit lapisan tersembunyi untuk selanjutnya diteruskan pada unit-unit lapisan keluaran. Kemudian unit-unit lapisan keluaran akan memberikan respon sebagai keluaran jaringan syaraf tiruan. Saat hasil keluaran tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka keluaran akan disebarkan mundur (*backward*) pada lapisan tersembunyi kemudian dari lapisan tersembunyi menuju lapisan masukan.

Aturan pelatihan jaringan *backpropagation* terdiri dari 2 tahapan, *feedforward* dan *backward propagation*. Pada jaringan diberikan sekumpulan contoh pelatihan yang disebut set pelatihan. Set pelatihan ini digambarkan dengan sebuah vektor feature yang disebut dengan vektor input yang diasosiasikan dengan sebuah output yang menjadi target pelatihannya. Dengan kata lain set pelatihan terdiri dari vektor input dan juga vektor output target. Keluaran dari jaringan berupa sebuah vektor output aktual. Selanjutnya dilakukan perbandingan antara output aktual yang dihasilkan dengan output target dengan cara melakukan pengurangan diantara kedua output tersebut. Hasil dari pengurangan berupa error. Error dijadikan sebagai dasar dalam melakukan perubahan dari setiap bobot dengan melakukan pelatihan kembali (Maria Agustin, 2012).

Setiap perubahan bobot yang terjadi dapat mengurangi error. Siklus perubahan bobot (epoch) dilakukan pada setiap set pelatihan sehingga kondisi 30 berhenti dicapai, yaitu bila mencapai jumlah epoch yang diinginkan atau hingga sebuah nilai ambang yang ditetapkan terlampaui.

Algoritma pelatihan jaringan *backpropagation* terdiri dari 3 tahapan yaitu:

- 1) Tahap umpan maju (*feedforward*).
- 2) Tahap umpan mundur (*backpropagation*).
- 3) Tahap update bobot dan bias.

Secara rinci algoritma pelatihan jaringan *backpropagation* dapat diuraikan sebagai berikut (Haykin, 1999):

1) Inisialisasi bobot-bobot

Mentukan angka pembelajaran (α). Tentukan pula nilai toleransi error yang diinginkan dan set maksimal *epoch* jika ingin membatasi jumlah *epoch* yang digunakan.

2) Selama kondisi berhenti tidak terpenuhi, lakukan langkah ke-2 sampai 9.

3) Setiap pasangan pola pelatihan, lakukan langkah ke-4 sampai ke-8.

Tahap maju (Feed forward)

4) Tiap-tiap unit *input* (x_i , $i = 1, 2, 3, \dots, o$) menerima sinyal *input* dan meneruskan sinyal tersebut ke tiap-tiap unit pada lapisan tersembunyi.

5) Tiap-tiap unit di lapisan tersembunyi (z_j , $j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan sinyal *input* yang berbobot, yaitu:

$$z_{net\ j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan : x : input

z : lapisan tersembunyi

Fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*, yaitu:

$$z_j = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \dots\dots\dots (9)$$

Kemudian mengirimkan sinyal tersebut ke semua unit lapisan di atasnya (lapisan *output*).

6) Tiap-tiap unit di lapisan *output* (y_k , $k = 1, 2, 3, \dots, m$) menjumlahkan sinyal *input* yang berbobot, yaitu:

$$y_{net\ k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj} \dots\dots\dots (10)$$

Fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*, yaitu:

$$y_k = w_{k0} + \sum_{j=1}^p z_j w_{kj} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan : x : input

y : output

z : lapisan tersembunyi

w : bobot

Tahap mundur (Backpropagation)

- 7) Tiap-tiap unit *output* y_k menerima pola target t_k untuk menghitung error (δ_k), yaitu:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{netk}) = (t_k - y_k) y_k (1 - y_k) \dots (12)$$

Kemudian menghitung nilai koreksi bobot yang nantinya digunakan untuk memperbaiki nilai bobot antara lapisan tersembunyi dan lapisan *output* (w_{jk}), yaitu:

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \dots (13)$$

Menghitung juga koreksi bias yang digunakan untuk memperbaiki nilai bias antara lapisan tersembunyi dan lapisan *output* (w_{k0}), yaitu:

$$\Delta w_{k0} = \alpha \delta_k \dots (14)$$

- 8) Tiap-tiap unit pada lapisan tersembunyi ($z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan sinyal-sinyal *input* dari lapisan *output*, yaitu:

$$\delta_{net j} = \sum_{k=1}^n \delta_k w_{jk} \dots (15)$$

Mengalikan nilai ini dengan fungsi aktivasi untuk menghitung *error* pada lapisan tersembunyi (δ_j), yaitu:

$$\delta_j = \delta_{net j} f'(z_{net j}) = \delta_{net j} z_j (1 - z_j) \dots (16)$$

Kemudian hitung koreksi bobot untuk memperbaiki nilai bobot antara lapisan *input* dan lapisan tersembunyi (v_{ji}), yaitu:

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \dots (17)$$

Kemudian menghitung koreksi bias untuk memperbaiki nilai bobot antara lapisan *input* dan lapisan tersembunyi (v_{j0}), yaitu:

$$\Delta v_{j0} = \alpha \delta_j \dots (18)$$

Tahap pengoreksian bobot

- 9) Tiap unit keluaran ($y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$) memperbaiki bobot dan bias, yaitu:

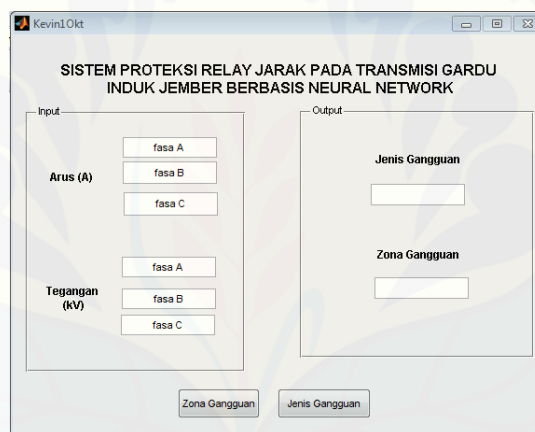
$$w_{kj} (\text{baru}) = w_{kj} (\text{lama}) + \Delta w_{kj}, (k = 1, 2, \dots, m; j = 0, 1, \dots, p) \dots (19)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi memperbaiki bobot dan bias, yaitu:

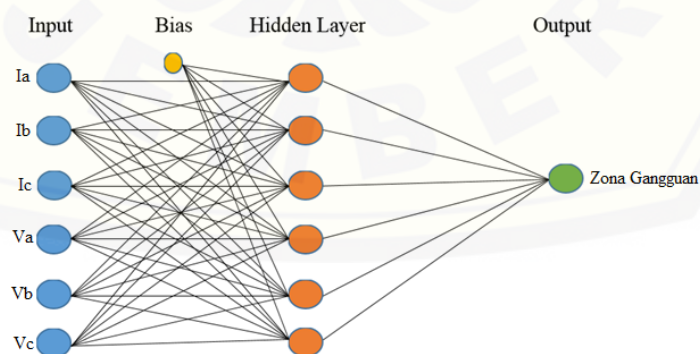
$$v_{ji} (\text{baru}) = v_{ji} (\text{lama}) + \Delta v_{ji}, (j = 1, 2, \dots, p; i = 0, 1, \dots, n) \dots (20)$$

- 10) Tes kondisi berhenti

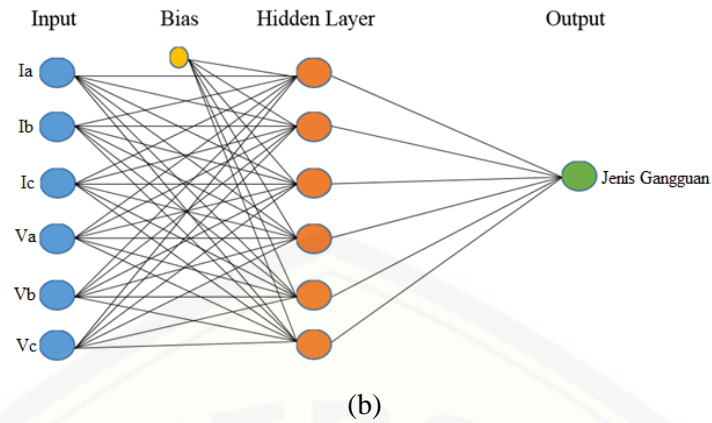
Struktur dari penelitian menggunakan NN ini dapat dilihat pada gambar 7.2 *Input* pada penelitian ini menggunakan data historis gangguan berupa arus dan tegangan pada tiap fasa. Pada penelitian ini akan menghasilkan *output* berupa data gangguan. *Output* yang dihasilkan pada kedua struktur berupa angka. Pada struktur NN yang menghasilkan *output* zona, *output* 1 berarti zona 1, *output* 2 berarti zona 2, dan *output* 3 berarti zona 3. Pada struktur NN yang menghasilkan *output* jenis gangguan, *output* 1 berarti tidak ada gangguan, *output* 2 berarti fasa A ke tanah, *output* 3 berarti fasa B ke tanah, *output* 4 berarti fasa C ke tanah, *output* 5 berarti 2 fasa (A-B), *output* 6 berarti 2 fasa (B-C), *output* 7 berarti 2 fasa (A-C), *output* 8 berarti 2 fasa ke tanah (A-B), *output* 9 berarti 2 fasa ke tanah (B-C), dan *output* 10 berarti 2 fasa ke tanah (A-C).



Gambar 3.2 Pemodelan GUI pada Sistem Proteksi Rele Jarak dengan NN



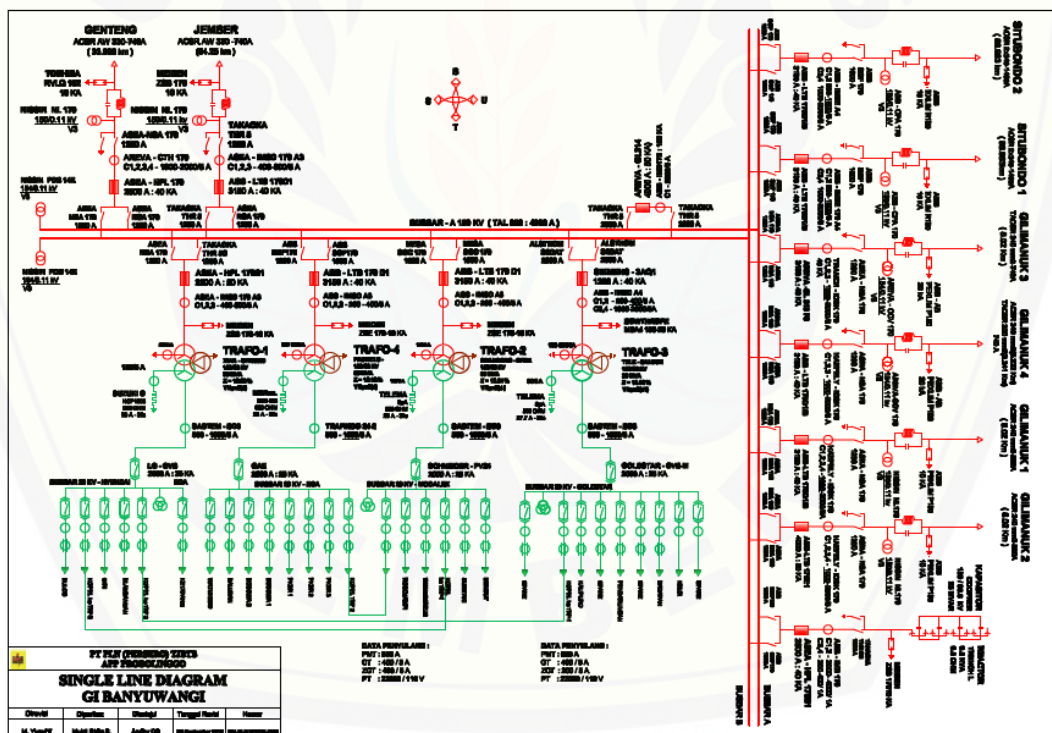
(a)



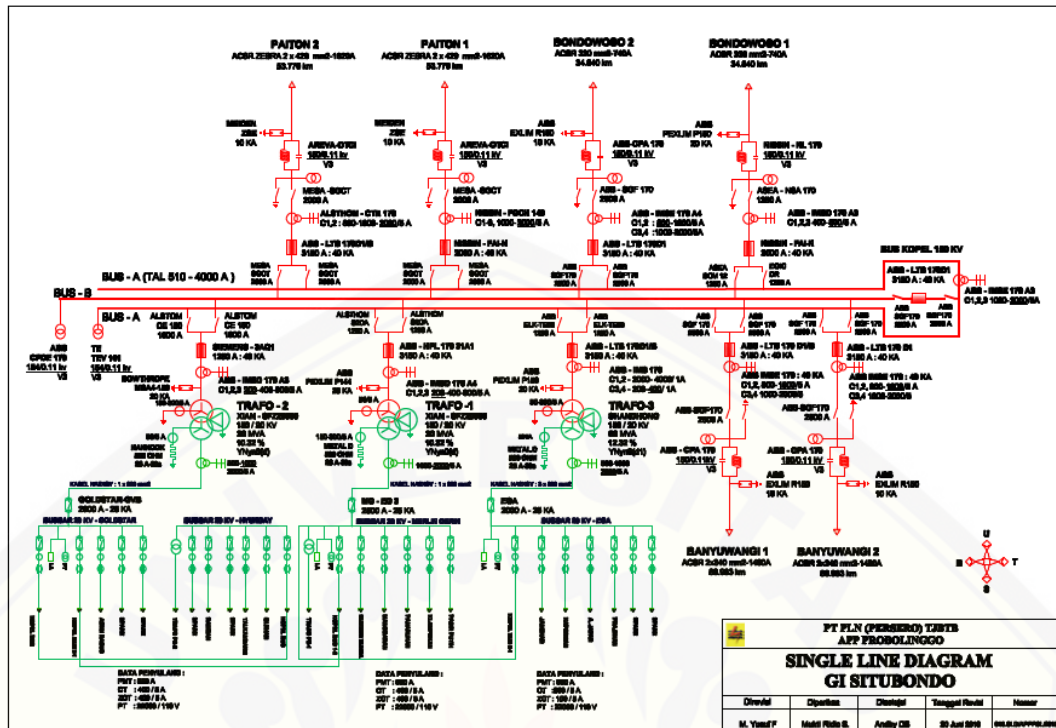
(a) Output Zona; (b) Output Jenis Gangguan

Gambar 3.3 Struktur Dasar *Neural Network* pada Penelitian

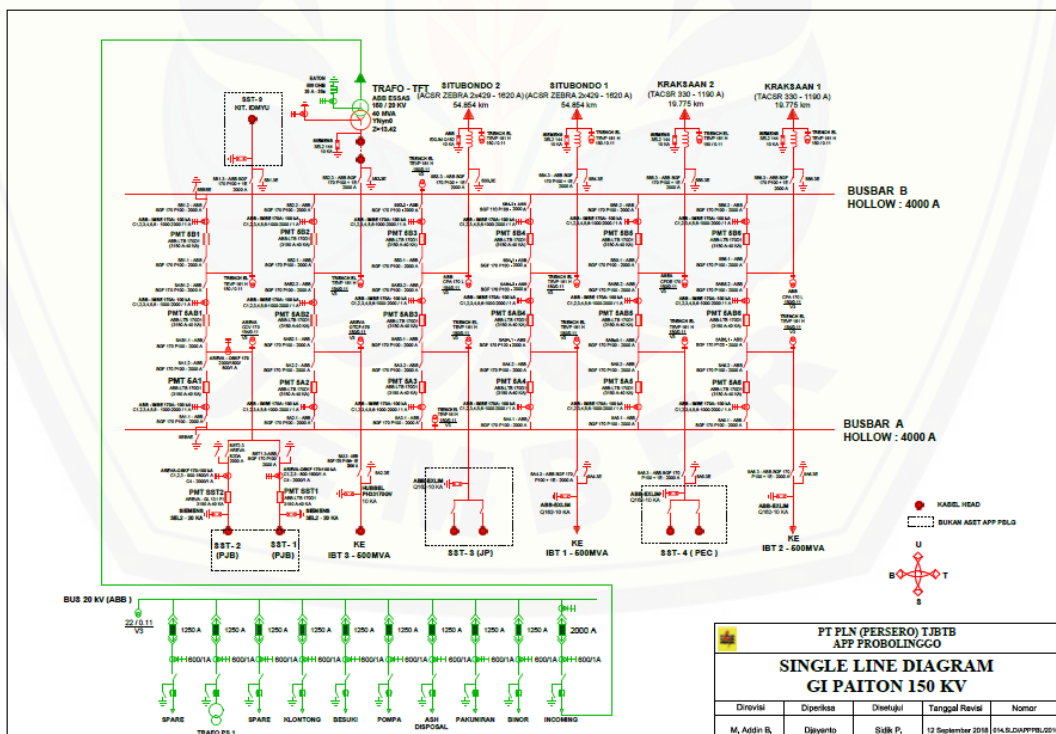
3.5 Single Line Diagram GI Banyuwangi, Situbondo, dan Paiton



Gambar 3.4 Single Line Diagram GI Banyuwangi



Gambar 3.5 Single Line Diagram GI Situbondo



Gambar 3.6 Single Line Diagram GI Paiton

3.6 Perhitungan Gangguan Transmisi

3.6.1 Setting Rele

Z_L = Panjang saluran x Z_{saluran}

$Z_{\text{saluran Banyuwangi-Situbondo}} = 0,0489+j0,1909 \Omega/\text{km}$

$Z_{\text{saluran Situbondo-Paiton}} = 0,0387+j0,2807 \Omega/\text{km}$

Panjang saluran Banyuwangi-Situbondo = 88,963 km

Panjang saluran Situbondo-Paiton = 54,854 km

Zona1 = 0,8 x Z_{L1} ; Zona2 = 0,8 x ($Z_{L1} + (0,8 \times Z_{L2})$) ; Zona3 = 1,2 x ($Z_{L1} + Z_{L2}$)

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \angle \arctan \frac{X}{R}$$

3.6.1.1 Banyuwangi-Paiton

- $Z_{L1} = 88,963 \times (0,0489+j0,1909) = 4,35+j16,98 \Omega$
- $Z_{L2} = 54,854 \times (0,0387+j0,2807) = 2,12+j15,39 \Omega$
- Zona1 = $0,8 \times (4,35+j16,98) = 3,48+j13,58 \Omega$
 $Z_{Zona1} = \sqrt{3,48^2 + 13,58^2} = 14,01 \Omega$
- Zona2 = $0,8 \times ((4,35+j16,98)+(0,8 \times (2,12+j15,39)))$
 $= 4,83+j23,43 \Omega$
 $Z_{Zona2} = \sqrt{4,83^2 + 23,43^2} = 23,92 \Omega$
- Zona3 = $1,2 \times ((4,35+j16,98)+(2,12+j15,39))$
 $= 7,76+j38,84 \Omega$
 $Z_{Zona3} = \sqrt{7,76^2 + 38,84^2} = 39,6 \Omega$

3.6.1.2 Paiton-Banyuwangi

- $Z_{L1} = 54,854 \times (0,0387+j0,2807) = 2,12+j15,39 \Omega$
- $Z_{L2} = 88,963 \times (0,0489+j0,1909) = 4,35+j16,98 \Omega$
- Zona1 = $0,8 \times (2,12+j15,39) = 1,69+j12,31 \Omega$
 $Z_{Zona1} = \sqrt{1,69^2 + 12,31^2} = 12,42 \Omega$
- Zona2 = $0,8 \times ((2,12+j15,39)+(0,8 \times (4,35+j16,98)))$
 $= 4,48+j23,17 \Omega$
 $Z_{Zona2} = \sqrt{4,48^2 + 23,17^2} = 23,59 \Omega$
- Zona3 = $1,2 \times ((2,12+j15,39)+(4,35+j16,98)) = 7,76+j38,84 \Omega$

$$\begin{aligned} Z_{Zona3} &= \sqrt{7,76^2 + 38,84^2} \\ &= 39,6 \Omega \end{aligned}$$

3.6.1.3 Situbondo-Paiton

- $Z_{L1} = 54,854 \times (0,0387 + j0,2807) = 2,12 + j15,39 \Omega$
- $Z_{onal} = 0,8 \times (2,12 + j15,39) = 1,69 + j12,31 \Omega$
- $Z_{Zonal} = \sqrt{1,69^2 + 12,31^2} = 12,42 \Omega$

3.6.1.4 Situbondo-Banyuwangi

- $Z_{L1} = 88,963 \times (0,0489 + j0,1909) = 4,35 + j16,98 \Omega$
- $Z_{onal} = 0,8 \times (4,35 + j16,98) = 3,48 + j13,58 \Omega$
- $Z_{Zonal} = \sqrt{3,48^2 + 13,58^2} = 14,01 \Omega$

3.6.2 Zona Gangguan

- $I_0 = 1/3 (I_A + I_B + I_C)$
- $3I_0 = I_A + I_B + I_C$
- $K_0 = 2,55$

$$1. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_0 I_0} = \frac{55790}{2854,82 + (0,641 \times (2854,82 + 324,48 + 439,09))} = 10,78 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (4,61 < 14,01)$$

$$2. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_0 I_0} = \frac{57790}{3036,41 + (0,641 \times (628,68 + 3036,41 + 532,31))} = 10,09 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (4,2 < 14,01)$$

$$3. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_0 I_0} = \frac{32730}{4669,52 + (0,641 \times (4669,52 + 463,69 + 927,82))} = 3,82 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (1,62 < 12,42)$$

$$4. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_b - V_c}{I_b - I_c} = \frac{48660 - 46030}{6806,36 - 6487,41} = 8,24 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (8,24 < 14,01)$$

$$5. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_b - V_c}{I_b - I_c} = \frac{60340 - 57390}{1765,04 - 2062,97} = 9,9 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (9,9 < 14,01)$$

$$6. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a - V_b}{I_a - I_b} = \frac{48460 - 47700}{6832,41 - 6384,05} = 1,62 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (1,62 < 14,01)$$

$$7. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_0 I_0} = \frac{55310}{2716,85 + (0,641 \times (2716,85 + 450,94 + 481,89))} = 10,93 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (4,43 < 14,01)$$

$$8. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_o I_o} = \frac{52040}{2665,4 + (0,641 \times (2665,4 + 460,46 + 498,98))} = 10,43 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (4,36 < 14,01)$$

$$9. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_o I_o} = \frac{76440}{8207 + (0,641 \times (8207 + 933 + 929))} = 5,21 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (2,25 < 12,42)$$

$$10. Z_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{V_a}{I_a + 3 K_o I_o} = \frac{71980}{2430 + (0,641 \times (2430 + 1928 + 938))} = 12,35 \Omega$$

$$\diamond Z_f < Z_{Zonal} (12,35 < 14,01)$$

3.6.3 Jenis Gangguan

$$I_{\text{fasa gangguan}} = \frac{I}{R_f}; V_{\text{fasa gangguan}} = V \times R_f$$

$$\text{Jika } I = 650 \text{ A}; V = 86,6 \text{ kV}; R_f = 0,5$$

$$\blacktriangleright I_{\text{fasa gangguan}} = \frac{650}{0,01} = 1300 \text{ A (Nilai arus akan semakin besar).}$$

$$\blacktriangleright V_{\text{fasa gangguan}} = 86,6 \times 0,01 = 43,3 \text{ V (Nilai tegangan akan semakin kecil)}$$

$$1. I_a = 2854,82 \text{ A}; I_b = 324,48 \text{ A}; I_c = 439,09 \text{ A}$$

$$V_a = 55,79 \text{ V}; V_b = 90,71 \text{ V}; V_c = 88,05 \text{ V}$$

$$\diamond \text{Fasa A ke tanah}$$

$$2. I_a = 628,28 \text{ A}; I_b = 3036,41 \text{ A}; I_c = 532,31 \text{ A}$$

$$V_a = 88 \text{ V}; V_b = 57,79 \text{ V}; V_c = 89,29 \text{ V}$$

$$\diamond \text{Fasa B ke tanah}$$

$$3. I_a = 4669,52 \text{ A}; I_b = 463,69 \text{ A}; I_c = 927,82 \text{ A}$$

$$V_a = 32,73 \text{ V}; V_b = 86,8 \text{ V}; V_c = 88,12 \text{ V}$$

$$\diamond \text{Fasa A ke tanah}$$

$$4. I_a = 347,82 \text{ A}; I_b = 6806,36 \text{ A}; I_c = 6487,41 \text{ A}$$

$$V_a = 85,46 \text{ V}; V_b = 48,66 \text{ V}; V_c = 46,03 \text{ V}$$

$$\diamond 2 \text{ fasa (B-C)}$$

$$5. I_a = 336,04 \text{ A}; I_b = 1765,04 \text{ A}; I_c = 2062,97 \text{ A}$$

$$V_a = 81,19 \text{ V}; V_b = 60,34 \text{ V}; V_c = 57,39 \text{ V}$$

$$\diamond 2 \text{ fasa (B-C)}$$

6. $I_a = 6832,41 \text{ A}$; $I_b = 6384,05 \text{ A}$; $I_c = 472,86 \text{ A}$

$V_a = 48,46 \text{ V}$; $V_b = 47,7 \text{ V}$; $V_c = 89,11 \text{ V}$

❖ 2 fasa (A-B)

7. $I_a = 2716,85 \text{ A}$; $I_b = 450,94 \text{ A}$; $I_c = 481,89 \text{ A}$

$V_a = 53,31 \text{ V}$; $V_b = 88,47 \text{ V}$; $V_c = 86,18 \text{ V}$

❖ Fasa A ke tanah

8. $I_a = 2665,4 \text{ A}$; $I_b = 460,46 \text{ A}$; $I_c = 498,98 \text{ A}$

$V_a = 52,04 \text{ V}$; $V_b = 87,31 \text{ V}$; $V_c = 85,81 \text{ V}$

❖ Fasa A ke tanah

9. $I_a = 8207 \text{ A}$; $I_b = 933 \text{ A}$; $I_c = 929 \text{ A}$

$V_a = 76,44 \text{ V}$; $V_b = 87,12 \text{ V}$; $V_c = 85,87 \text{ V}$

❖ Fasa A ke tanah

10. $I_a = 2430 \text{ A}$; $I_b = 928 \text{ A}$; $I_c = 938 \text{ A}$

$V_a = 71,98 \text{ V}$; $V_b = 82,02 \text{ V}$; $V_c = 84,93 \text{ V}$

❖ Fasa A ke tanah

3.6.4 Performa *Neural Network*

- $MSE = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Target - Hasil NN)^2$

$$1. \text{ MSE Jenis} = \frac{(2-1,9937)^2 + (3-3,0811)^2 + (2-2)^2 + (6-6)^2 + (6-6)^2 + (5-5)^2 + (2-2)^2}{10} \\ + \frac{(2-2)^2 + (2-2,0062)^2 + (2-1,9873)^2}{10} \\ = 0,2351$$

$$2. \text{ MSE Zona} = \frac{(1-1)^2 + (1-1)^2 + (1-1)^2 + (1-0,99762)^2 + (1-1)^2 + (1-0,99991)^2}{10} \\ + \frac{(1-0,9878)^2 + (1-0,92773)^2 + (1-0,88189)^2 + (2-2)^2}{10} \\ = 0,0016928$$

$$\bullet \text{ MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left| \frac{(\text{Target}-\text{Hasil NN})}{\text{Target}} \right| \times 100\%$$

3. MAPE Jenis (GUI)

$$\begin{aligned} 1. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-1,9937)}{2} \right| \times 100\% = 0,316\% & 6. \text{ Perf} &= \left| \frac{(5-5)}{2} \right| \times 100\% = 0\% \\ 2. \text{ Perf} &= \left| \frac{(3-3,0811)}{2} \right| \times 100\% = 2,70367\% & 7. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-2)}{2} \right| \times 100\% = 0\% \\ 3. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-2)}{2} \right| \times 100\% = 0\% & 8. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-1,99995)}{2} \right| \times 100\% = 0,0025\% \\ 4. \text{ Perf} &= \left| \frac{(6-6)}{2} \right| \times 100\% = 0\% & 9. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-2,0062)}{2} \right| \times 100\% = 0,3075\% \\ 5. \text{ Perf} &= \left| \frac{(6-6)}{2} \right| \times 100\% = 0\% & 10. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-1,9873)}{2} \right| \times 100\% = 0,6365\% \end{aligned}$$

$$\text{MAPE} = \frac{0,316\%+2,70367\%+0\%+0\%+0\%+0\%+0\%+0,0025\%+0,3075\%+0,6365\%}{10} = 0,3996617\%$$

4. MAPE Zona (GUI)

$$\begin{aligned} 1. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-1)}{2} \right| \times 100\% = 0\% & 6. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-0,99991)}{2} \right| \times 100\% = 0,0088\% \\ 2. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-1,01446)}{2} \right| \times 100\% = 1,446\% & 7. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-0,9878)}{2} \right| \times 100\% = 1,2205\% \\ 3. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-1)}{2} \right| \times 100\% = 0\% & 8. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-0,92773)}{2} \right| \times 100\% = 7,2273\% \\ 4. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-0,99762)}{2} \right| \times 100\% = 0,2378\% & 9. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-0,88189)}{2} \right| \times 100\% = 11,812\% \\ 5. \text{ Perf} &= \left| \frac{(1-1,00964)}{2} \right| \times 100\% = 0,964\% & 10. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-2,00137)}{2} \right| \times 100\% = 0,0685\% \end{aligned}$$

$$\text{MAPE} = \frac{0\%+1,446\%+0\%+0,2378\%+0,964\%+0,0088\%+1,2205\%+7,2273\%+11,812\%+0,0685\%}{10} = 2,29835\%$$

5. MAPE Jenis (Simulink)

$$\begin{aligned} 1. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-5,9544)}{2} \right| \times 100\% = 197,72\% & 6. \text{ Perf} &= \left| \frac{(5-8,0495)}{2} \right| \times 100\% = 60,99\% \\ 2. \text{ Perf} &= \left| \frac{(3-6,0805)}{2} \right| \times 100\% = 102,68\% & 7. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-3,9965)}{2} \right| \times 100\% = 99,82\% \\ 3. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-3,6766)}{2} \right| \times 100\% = 83,83\% & 8. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-6,0807)}{2} \right| \times 100\% = 204,03\% \\ 4. \text{ Perf} &= \left| \frac{(6-8,0495)}{2} \right| \times 100\% = 34,15\% & 9. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-4,0603)}{2} \right| \times 100\% = 103,01\% \\ 5. \text{ Perf} &= \left| \frac{(6-6,7312)}{2} \right| \times 100\% = 12,18\% & 10. \text{ Perf} &= \left| \frac{(2-3,6766)}{2} \right| \times 100\% = 83,83\% \end{aligned}$$

$$\text{MAPE} = \frac{197,72\%+102,68\%+83,83\%+34,15\%+12,18\%+60,99\%+99,82\%+204,03\%+103,01\%+83,83\%}{10}$$

$$= 98,23\%$$

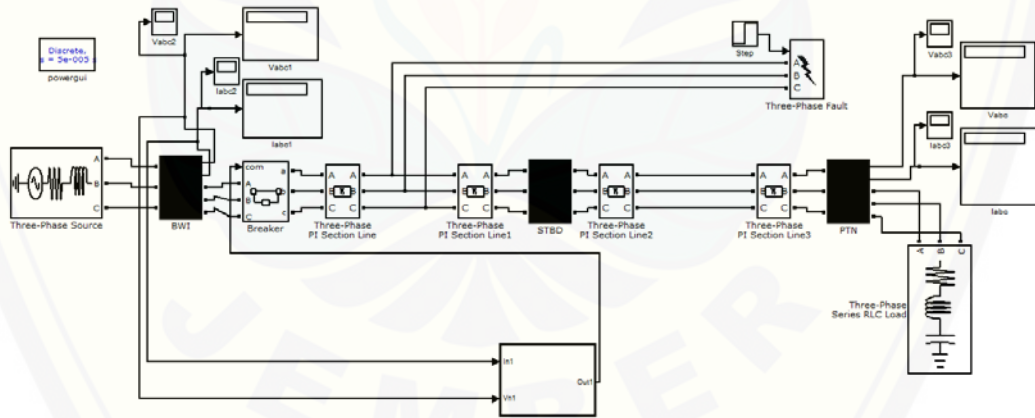
6. Zona Gangguan (Simulink)

- | | |
|--|--|
| 1. Perf = $\left \frac{(1-(-0,3447))}{2} \right \times 100\% = 134,47\%$ | 6. Perf = $\left \frac{(1-(-0,7454))}{2} \right \times 100\% = 174,54\%$ |
| 2. Perf = $\left \frac{(1-(-0,3447))}{2} \right \times 100\% = 134,47\%$ | 7. Perf = $\left \frac{(1-0,4188)}{2} \right \times 100\% = 58,12\%$ |
| 3. Perf = $\left \frac{(1-0,4714)}{2} \right \times 100\% = 52,86\%$ | 8. Perf = $\left \frac{(1-(-0,3477))}{2} \right \times 100\% = 134,77\%$ |
| 5. Perf = $\left \frac{(1-(-0,7454))}{2} \right \times 100\% = 174,54\%$ | 9. Perf = $\left \frac{(1-0,4188)}{2} \right \times 100\% = 58,12\%$ |
| 6. Perf = $\left \frac{(1-(-1,3063))}{2} \right \times 100\% = 230,63\%$ | 10. Perf = $\left \frac{(2-0,4714)}{2} \right \times 100\% = 76,43\%$ |

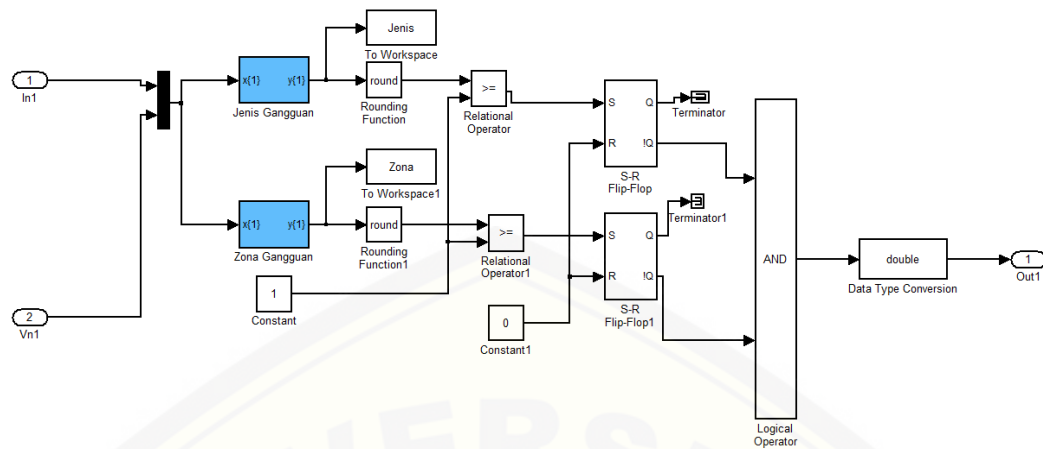
$$\text{MAPE} = \frac{134,47\%+134,47\%+52,86\%+174,54\%+230,63\%+174,54\%+58,12\%+134,77\%+58,12\%+76,43\%}{10}$$

$$= 122,895\%$$

3.7 Komponen Blok Simulink



(a)



(b)

(a) Rangkaian Komponen *Simulink* ; (b) Rangkaian Komponen Blok NNGambar 3.7 Pemodelan *Simulink* pada Sistem Proteksi Relé Jarak dengan NN

3.7.1 Three-Phase Section PI Line

Blok ini mengimplementasikan model saluran transmisi tiga fase yang seimbang dengan parameter. Parameter jarak transmisi ditetapkan sesuai dengan keadaan asli transmisi yang dibuat dalam satuan kilometer. Metode penentuan parameter garis ini mengasumsikan bahwa ketiga fase seimbang. Pada penelitian ini jarak Banyuwangi-Situbondo sebesar 88,963 km dan jarak Situbondo-Paiton sebesar 54,854 km.

3.7.2 Three Phase Source dan Three Phase Load

Blok sumber tiga fasa mengimplementasikan sumber tegangan tiga fasa yang seimbang. Tiga sumber tegangan dihubungkan di Y dengan koneksi netral yang dapat ditanahkan secara internal. Pada blok sumber ini dapat ditentukan parameter besar tegangan, frekuensi listrik, dan jenis koneksi tiga fasa. Pada penelitian ini parameter frekuensi sebesar 50 Hz, tegangan 150 kV dan jenis koneksi Y dengan tanah. Blok beban tiga fasa mengimplementasikan beban seimbang tiga fase. Pada frekuensi yang ditentukan, beban menunjukkan pembebanan listrik yang konstan. Parameter yang ditentukan adalah blok tegangan, frekuensi, dan jenis koneksi tiga fasa. Pada penelitian ini parameter tegangan sebesar 150 kV, frekuensi 50 Hz, dan koneksi Y dengan tanah.

3.7.3 *Three Phase Measurement* dan *Three Phase Breaker*

Blok pengukur tiga fasa digunakan untuk mengukur tegangan dan arus tiga fasa dalam suatu rangkaian. Pengaturan yang dapat dilakukan hanya pengaturan pengukuran arus dan tegangan atau tidak ada pengukuran sama sekali. Selain itu blok ini dapat dijadikan sebagai bus karena sifatnya yang hanya melakukan pengukuran tanpa mempengaruhi listrik yang menghantar pada transmisi. Blok pemutus mengimplementasikan pemutus sirkuit. Ketika blok *breaker* diatur dalam mode kontrol eksternal, input *simulink* muncul pada ikon blok. Sinyal kontrol yang terhubung ke input Simulink harus 0 yang membuka pemutus atau nilai positif apapun yang menutup pemutus. Sinyal 1 biasanya digunakan untuk menutup pemutus. Pada penelitian ini parameter *switching* pemutus diperoleh dari *output* blok NN.

3.7.4 *Three Phase Fault*

Blok gangguan tiga fasa mengimplementasikan pemutus sirkuit tiga fasa dimana waktu pembukaan dan penutupan dapat dikontrol baik dari sinyal eksternal (mode kontrol eksternal), atau dari *timer* kontrol internal (mode kontrol internal). Blok gangguan tiga fasa menggunakan tiga blok pemutus yang dapat secara individu dinyalakan dan dimatikan untuk gangguan fasa ke fasa, fasa ke tanah, atau 2 fasa ke tanah. Sinyal kontrol yang terhubung ke input *simulink* harus berupa 0 yang membuka pemutus atau nilai positif apapun yang menutup pemutus. Jika blok gangguan tiga fasa diatur dalam mode kontrol internal, waktu dan status *switching* ditentukan dalam kotak dialog blok. Pada penelitian ini parameter *switching* didapatkan dari blok *step*.

3.7.5 *Step*

Blok *step* menyediakan *step* antara dua nilai yang dapat didefinisikan pada waktu yang ditentukan. Jika waktu simulasi kurang dari nilai parameter waktu *step*, *output* blok adalah nilai parameter awal. Untuk waktu simulasi yang lebih besar atau sama dengan waktu *step*, *output* adalah nilai parameter akhir. Pada penelitian ini parameter waktu yang digunakan adalah 1,2 detik dengan total keseluruhan simulasi sebesar 1,4 detik.

3.7.6 *Scope* dan *Display*

Blok *scope* memiliki peran sebagai penampil grafik dari suatu *input*. Pada penelitian ini grafik yang muncul adalah grafik Arus Ia, Ib, dan IC serta tegangan Va, Vb, dan Vc yang muncul pada masing-masing GI. Blok *display* terhubung ke sinyal dalam model *simulink* dan menampilkan nilai dari suatu *output* selama simulasi berjalan.

3.7.7 *Powergui* dan Blok NN *Simulink*

Blok *powergui* memungkinkan *user* memilih salah satu dari jenis sinyal listrik untuk memberikan suplai listrik pada suatu simulasi. Terdiri dari jenis *continuous*, diskrit, dan phasor. Pada penelitian ini jenis sinyal listrik yang digunakan adalah diskrit dengan *sample time* sebesar 5e-005 detik. Blok ini merupakan hasil dari proses NN yang sebelumnya harus dilakukan *running* dengan suatu program. Setelah dilakukan proses pelatihan dan simulasi barulah bisa dimunculkan blok NN dengan menuliskan perintah *gensim(net)*.

3.7.8 *Input* dan *Output*

Input dan *Output* adalah komponen yang digunakan untuk memberikan nilai masukan dan keluaran pada satu blok agar blok tersebut memiliki *input* dan *output*. Dari *input* dan *output* bisa dilakukan suatu proses perhitungan atau simulasi dalam blok yang hasilnya dapat dikeluarkan dari blok tersebut. Dalam penelitian ini blok NN dibuat memiliki *input* berupa arus dan tegangan dan *Output* berupa perintah untuk membuka atau menutup *breaker* dengan nilai 0 dan 1.

3.7.9 *Round Function*, *Constant*, dan *Relational Operator*

Blok *round function* digunakan untuk melakukan pembulatan nilai *input*. Blok *constant* untuk memberikan nilai konstan pada simulasi yang dapat mempengaruhi blok lain jika dihubungkan. Blok *relational operator* menentukan *output* yang keluar sesuai tidaknya dengan kedua *input*. Pada penelitian ini *constant* yang dipakai bernilai 1 dan *relational operator* lebih dari sama dengan. Nilai satu sampai sepuluh untuk jenis gangguan dan satu sampai tiga untuk zona gangguan menunjukkan terjadi gangguan sehingga ketika *output* NN sudah bernilai 1 atau lebih maka *relational operator* akan meneruskan *output* berupa nilai kebenaran dari *input* yang masuk.

3.7.10 *Flip-flop* dan *Logical Operator*

Blok S-R *Flip-Flop* memodelkan *flip-flop set-reset* sederhana yang dibuat menggunakan gerbang NOR. Blok S-R *Flip-Flop* memiliki dua input S dan R (S adalah singkatan dari *Set* dan R adalah *Reset*) serta dua output Q dan !Q. Blok operator logika melakukan operasi logis yang ditentukan pada inputnya. Nilai input benar bernilai satu dan salah bernilai nol. Jenis logika yang dipilih *and*, *or*, *nand*, *nor*, *xor*, *nxor*, dan *not*. Dalam penelitian ini nilai *reset* diberi nilai *constant* nol dan dipilih logika *and* karena ketika salah satu pendeteksian gangguan terjadi. Jika ada salah satunya saja yang mendeteksi maka akan langsung diperintahkan untuk *trip*.

3.7.11 *Data Type Conversion* dan Terminator

Blok *data type conversion* mengubah sinyal *input* dari semua tipe data *simulink* ke tipe data yang ditentukan. Jenis yang bisa dipilih adalah *double*, *single*, *Boolean*, *fixed point*, *base integer*, dan *enumerated*. Dalam penelitian ini digunakan jenis *double* agar sesuai dengan jenis *input breaker*. Penggunaan blok terminator untuk membatasi blok yang port outputnya tidak terhubung ke blok lain. Jika menjalankan simulasi dengan blok yang memiliki port output yang tidak terhubung maka *simulink* akan mengeluarkan pesan peringatan. Menggunakan blok terminator untuk menutup blok tersebut membantu mencegah pesan peringatan.

3.7 Metode Analisis Data

Metode pendekatan analisis dan sintesis yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini adalah:

3.8.1 Metode Statistik Inferensial

Metode ini merupakan analisis untuk mengolah data dan menafsirkan data yang diperoleh, sehingga dapat memberikan cara bagaimana menarik kesimpulan dari ciri suatu populasi tertentu, berdasarkan hasil analisis serangkaian sampel yang diambil dalam populasi.

3.8.2 Metode Multivariat

Metode ini merupakan metode yang digunakan dengan menggunakan tiga atau lebih variabel dalam melakukan suatu analisis.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan analisis data pada penjelasan sebelumnya, kesimpulan yang diperoleh ialah seperti berikut:

1. Konfigurasi untuk membangun jaringan pelatihan *neural network* terkecil yang digunakan sebagai jaringan sistem proteksi menggunakan fungsi pelatihan *trainlm*, fungsi transfer pada *hidden layer* menggunakan *logsig* dan fungsi transfer *purelin* untuk lapisan *output* dengan berhenti saat *hidden layer* sebanyak 50 untuk deteksi zona gangguan dan 20 untuk deteksi jenis gangguan. Pada *simulink setting* waktu proses simulasi sebesar 1,4 detik dan *setting* waktu gangguan terjadi pada detik ke 1,2.
2. Sistem proteksi rele jarak dengan menggunakan metode *neural network* pada GUI saat dilakukan pengujian data beban sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2017 memiliki nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang kecil untuk jenis gangguan sebesar 0,396617% dan untuk deteksi zona gangguan sebesar 2,29835%. Dengan *error* terkecil terjadi pada kasus gangguan ketiga sampai ketujuh untuk jenis gangguan dan kasus gangguan pertama dan ketiga untuk zona gangguan.
3. Sistem proteksi rele jarak dengan menggunakan metode *neural network* pada *Simulink* saat dilakukan pengujian data beban sejak tahun 2014 sampai dengan tahun 2017 memiliki nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) yang kecil untuk jenis gangguan sebesar 98,23% dan untuk deteksi zona gangguan sebesar 122,895%. Dengan *error* terkecil terjadi pada kasus gangguan kelima untuk jenis gangguan dan kasus gangguan ketiga untuk zona gangguan.
4. Perolehan nilai dalam proses simulasi dengan program dan GUI memiliki nilai *error* yang lebih kecil dibandingkan proses simulasi dengan program dan *simulink*.

5.2 Saran

Saran yang dianjurkan untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut ke depan dengan harapan mampu memperbaiki kekurangan dan mendapatkan hasil yang lebih maksimal ialah seperti berikut:

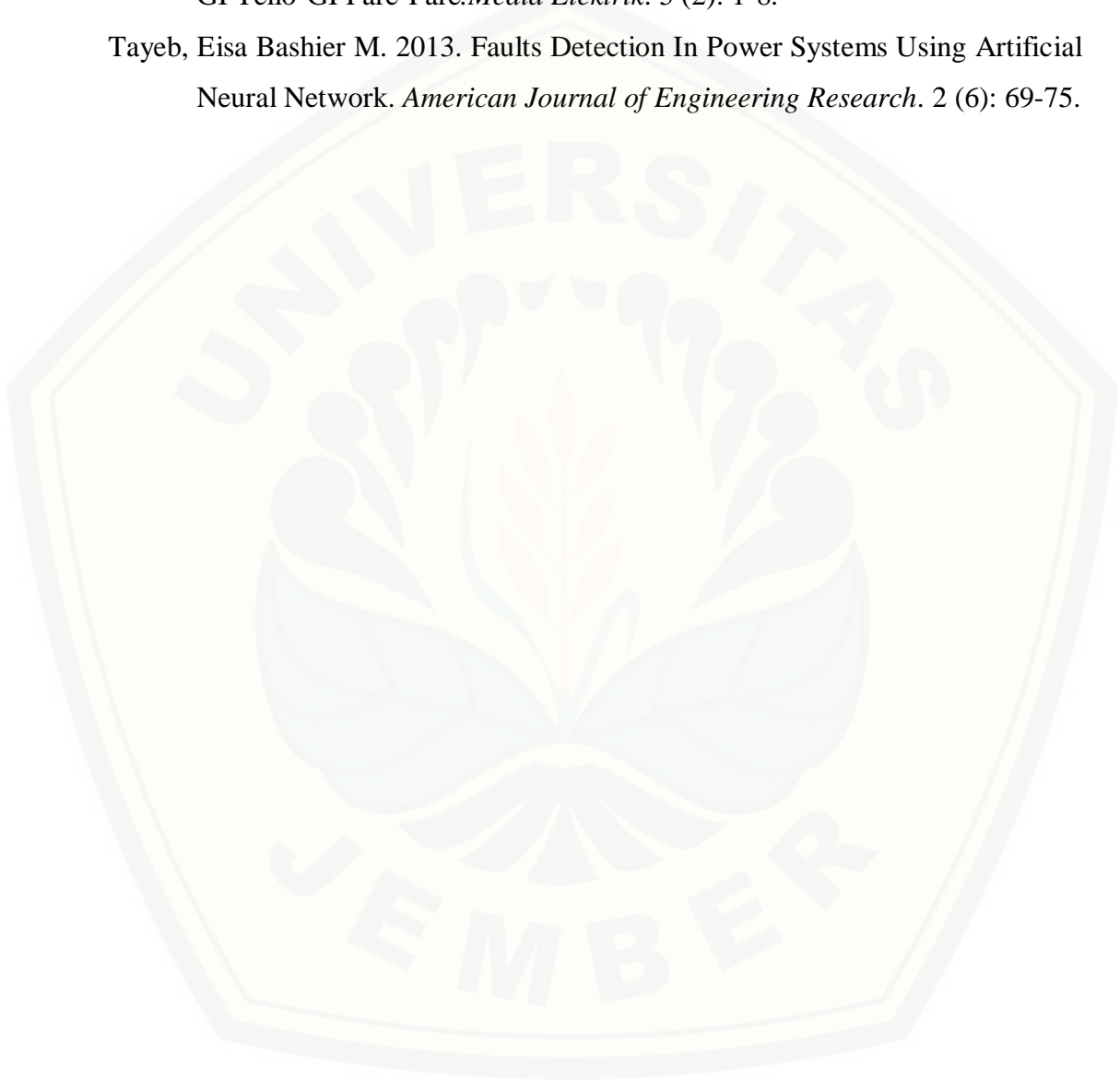
1. Dapat digunakan atau menambah contoh data lain agar kesesuaian data dengan kondisi riil lebih mendekati untuk hasil percobaan *simulink*.
2. Penelitian yang dilakukan dalam penelitian kali ini masih dalam tahap *offline* sehingga perlu pengembangan penelitian secara *online*.
3. Dapat digunakan pada metode lain dalam pemodelan sistem proteksi sebagai referensi pembanding.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Maria. 2012. Penggunaan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru pada Jurusan Teknik Komputer di Politeknik Negeri Sriwijaya. *Tesis*. Semarang: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Anderson, P. M. 1998. *Power System Protection*. USA: IEEE Press
- Ashish, D., 2002. Land-Use Classification Of Aerial Images Using Artificial Neural Networks. *Tesis*. U.S.A: Master Degree Program University of Georgia.
- Azriyenni, Missi Ebta Dame. 2017. Pemodelan Struktur Teknik Cerdas Untuk Sistem Proteksi Rele Jarak. *Jurnal Sinergi*. 21 (1): 31-38
- Dachlan, Harry S. 2013. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik. <http://hsdachlan.lecture.ub.ac.id/2013/01/gangguan-padasistem-tenaga-listrik/>. [Diakses pada 29 Desember 2017].
- Febriana, Ramdan. 2016. Distribusi Tenaga Listrik. <http://www.warriornux.com/distribusi-tenaga-listrik/>. [Diakses pada 8 Juni 2017]
- Febriana, Ramdan. 2016. Pembagian Sistem Penyaluran Tenaga Listrik. <http://www.warriornux.com/pembagian-sistem-penyaluran-tenaga-listrik/>. [Diakses pada 8 Juni 2017].
- Febriantoro, Satria Bagus Catur., Bambang Suprianto. 2014. Sistem Proteksi Gangguan Arus Lebih Menggunakan Sensor ACS712ELC-5A. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*. 3 (2): 31-35.
- Ghafari, Ehsan., dkk. 2014. Full_Paper-BMC_2012-EG-04-1_revEJ. https://www.researchgate.net/publication/263810867_Full_Paper-BMC_2012-EG-04-1_revEJ [Diakses 30 Desember 2018].
- Haykin, Simon. 1999. *Neural Networks and Learning Machines*. USA: Pearson Education.
- Hermantoro. 2008. *Aplikasi Model Artificial Neural Network Sebagai Extension Arc View-Gis Untuk Penilaian Kesesuaian Lahan Perkebunan Kakao Di DIY*. Yogyakarta. Maret. Halaman 52-60.

- Marco, Samuel. 2013. Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Dimensi Teknik Elektro*. 1 (1): 37-42.
- Mrehel, O.G., Elfetori, H.B., dan Hawal, A.O. 2013. Implementation and Evaluation a SIMULINK Model of a Distance Relay in MATLAB / SIMULINK. *The International Conference on Electrical and Electronics Engineering, Clean Energy, and Green Computing*. 11-13 Desember 2018. *The Society of Digital Information and Wireless Communications*: 132-137.
- Noviana, Agus. 2008. Analisa Pengaruh Parameter-Parameter Neural Network Pada Kasus Pemodelan. *Skripsi*. Bandung: Teknik Elektro Universitas Komputer Indonesia.
- Nugroho, Daniel. 2015. Apa Itu Sistem Tenaga?. <http://www.danielnugroho.com/science/apa-itu-sistem-tenaga/>. [Diakses pada 10 Januari 2018].
- Prabowo, Herdianto., I. G. N. Satriyadi Hernanda, Ontoseno Penangsang. 2012. Studi analisis keandalan sistem distribusi pabrik semen tuban menggunakan metode reliability index assesment (RIA) dan program analisis kelistrikan. *Jurnal Teknik ITS*. 1 (1): B87-B90.
- Qoyyimi, Thoriq Aziz Al., dkk. 2017. Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (*Geographic Information System*). *Jurnal Teknik ITS*. 6 (1): 2-3.
- Sanusi, Muhammad. 2017. Analisa Proteksi Rele Jarak pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 Kv Gardu Induk Rembang Baru ke Gardu Induk Pati. *Skripsi*. Surakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Samad, Fitri. 2014. Tujuan Training: Agar Siswa Dapat Mengerti Tentang Proteksi Yang Ada Di Instalasi PLN Terutama Peralatan Gardu Induk. <https://slideplayer.info/slide/1993594/>. [Diakses pada 20 Oktober 2018]
- Stevenson, William D, Jr., 1955. *Elements of Power System Analysis*. London: McGraw-Hill.

- Sitepu, Ronika Edinta. 2014. Perhitungan Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang Unib Sistem Distribusi Pln Bengkulu. *Skripsi*. Bengkulu: Teknik Elektro Universitas Bengkulu.
- Syafar, A. Muhammad. 2010. Studi Keandalan Distance Relay Jaringan 150 kV GI Tello-GI Pare-Pare. *Media Elektrik*. 5 (2): 1-8.
- Tayeb, Eisa Bashier M. 2013. Faults Detection In Power Systems Using Artificial Neural Network. *American Journal of Engineering Research*. 2 (6): 69-75.



LAMPIRAN

A. Listing Program Neural Network dan GUI

```

function varargout = Kevin1Okt(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Kevin1Okt_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Kevin1Okt_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

function Kevin1Okt_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

function varargout = Kevin1Okt_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))

```



```
        set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
    end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Zona Gangguan
load Kevin3.mat
numHiddenNeurons = 50; % Adjust as desired

net =
newff(Input, Target2, numHiddenNeurons, {'logsig', 'purelin'}, 'trainlm',
'learngdm', 'mse');
net.divideParam.trainRatio = 80/100; % Adjust as desired
net.divideParam.valRatio = 10/100; % Adjust as desired
net.divideParam.testRatio = 10/100; % Adjust as desired
```

```
% Train and Apply Network
[net,tr] = train(net,Input,Target2);
outputs = sim(net,Input)

% Plot & Simulink
plotregression(Target2,outputs)
plotperform(tr)

%Hasil Sistem
a=str2double(get(handles.edit1,'String'));
b=str2double(get(handles.edit2,'String'));
c=str2double(get(handles.edit3,'String'));
d=str2double(get(handles.edit4,'String'));
e=str2double(get(handles.edit5,'String'));
f=str2double(get(handles.edit6,'String'));

InputBaru=[a,b,c,d,e,f];
InputBaru2=transpose(InputBaru);
outputs2=sim(net,InputBaru2);

set(handles.edit8,'String',outputs2);

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
%Jenis Gangguan
load Kevin3.mat
numHiddenNeurons = 20; % Adjust as desired

net =
newff(Input,Target,numHiddenNeurons,{'logsig','purelin'},'trainlm','learnngdm','mse');
net.divideParam.trainRatio = 80/100; % Adjust as desired
net.divideParam.valRatio = 10/100; % Adjust as desired
net.divideParam.testRatio = 10/100; % Adjust as desired

% Train and Apply Network
[net,tr] = train(net,Input,Target);
outputs = sim(net,Input)

% Plot & Simulink
plotregression(Target,outputs)
plotperform(tr)

%Hasil Sistem
a=str2double(get(handles.edit1,'String'));
b=str2double(get(handles.edit2,'String'));
c=str2double(get(handles.edit3,'String'));
d=str2double(get(handles.edit4,'String'));
e=str2double(get(handles.edit5,'String'));
f=str2double(get(handles.edit6,'String'));
```

```

InputBaru=[a,b,c,d,e,f];
InputBaru2=transpose(InputBaru);
outputs2=sim(net,InputBaru2);
if (outputs2>=0 && outputs2<=1.5)
    msgbox('Tidak ada Gangguan');
elseif (outputs2>1.5 && outputs2<=2.5)
    msgbox('Fasa A ke tanah');
elseif (outputs2>2.5 && outputs2<=3.5)
    msgbox('Fasa B ke tanah');
elseif (outputs2>3.5 && outputs2<=4.5)
    msgbox('Fasa C ke tanah');
elseif (outputs2>4.5 && outputs2<=5.5)
    msgbox('2 fasa (A-B)');
elseif (outputs2>5.5 && outputs2<=6.5)
    msgbox('2 fasa (B-C)');
elseif (outputs2>6.5 && outputs2<=7.5)
    msgbox('2 fasa (A-C)');
elseif (outputs2>7.5 && outputs2<=8.5)
    msgbox('2 fasa (A-B) ke tanah');
elseif (outputs2>8.5 && outputs2<=9.5)
    msgbox('2 fasa (B-C) ke tanah');
else
    msgbox('2 fasa (A-C) ke tanah');
end

set(handles.edit7,'String',outputs2);

```

B. Listing Program Neural Network untuk Simulink Jenis Gangguan

```

%Jenis Gangguan
load Kevin3baru6.mat
numHiddenNeurons = 20; % Adjust as desired

net =
newff(Input,Target,numHiddenNeurons,{'logsig','purelin'},'trainlm','
learnqdm','mse');
net.divideParam.trainRatio = 80/100; % Adjust as desired
net.divideParam.valRatio = 10/100; % Adjust as desired
net.divideParam.testRatio = 10/100; % Adjust as desired

% Train and Apply Network
[net,tr] = train(net,Input,Target);
outputs = sim(net,Input);
gensim(net);

% Plot & Simulink
plotregression(Target,outputs)
plotperform(tr)

```

C. Listing Program Neural Network untuk Simulink Zona Gangguan

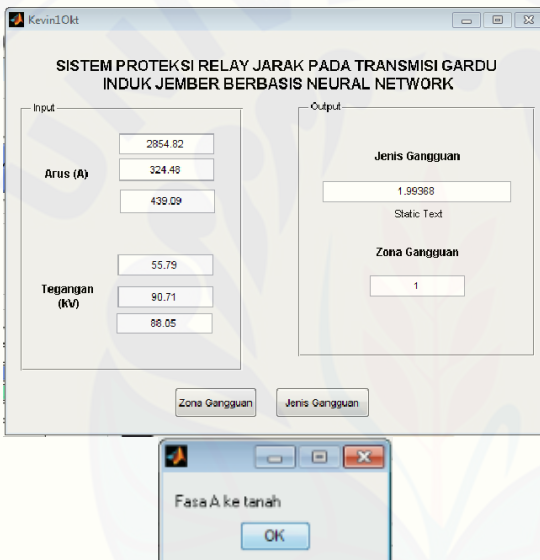
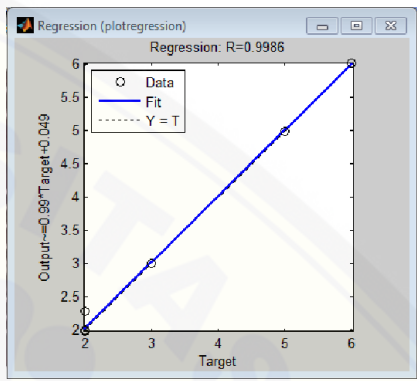
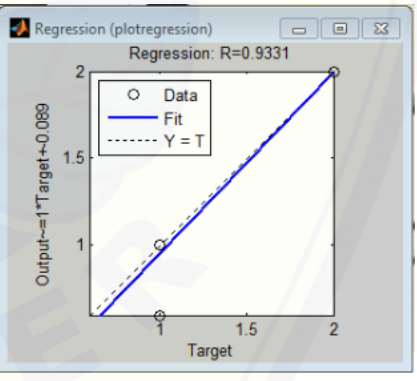
```
%Zona Gangguan
load Kevin3baru6.mat
numHiddenNeurons = 50; % Adjust as desired

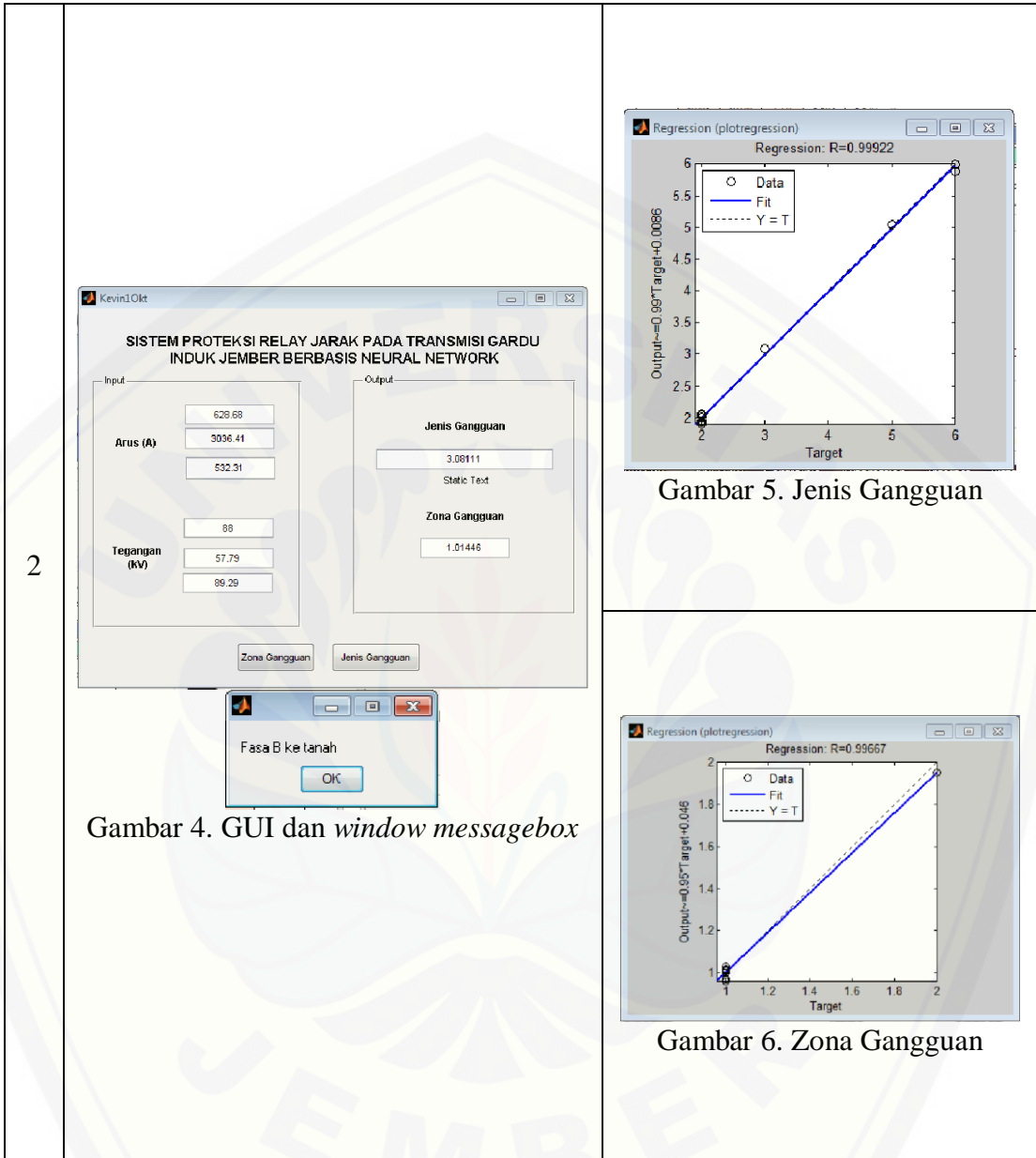
net =
newff(Input,Target2,numHiddenNeurons,{'logsig','purelin'},'trainlm',
'learngdm','mse');
net.divideParam.trainRatio = 80/100; % Adjust as desired
net.divideParam.valRatio = 10/100; % Adjust as desired
net.divideParam.testRatio = 10/100; % Adjust as desired

% Train and Apply Network
[net,tr] = train(net,Input,Target2);
outputs = sim(net,Input)
gensim(net)

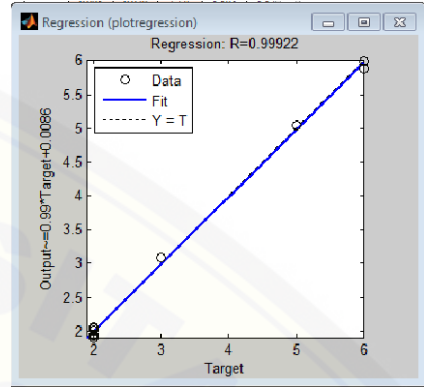
% Plot & Simulink
plotregression(Target2,outputs)
plotperform(tr)
```

D. Gambar Hasil Percobaan *Neural Network* dan GUI

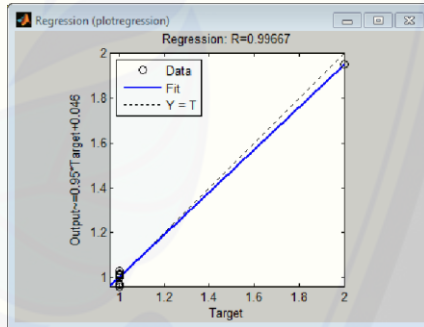
No	GUI	Grafik Regresi
1.	 <p>Gambar 1. GUI dan <i>window messagebox</i></p>	 <p>Gambar 2. Jenis Gangguan</p>
		 <p>Gambar 3. Zona Gangguan</p>



Gambar 4. GUI dan window messagebox



Gambar 5. Jenis Gangguan

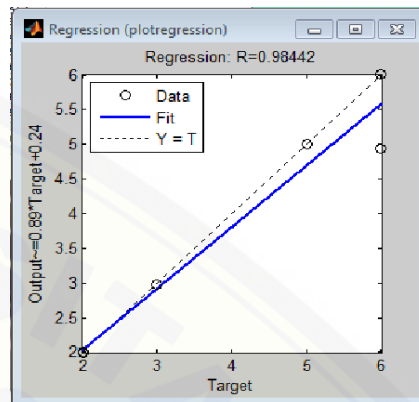


Gambar 6. Zona Gangguan

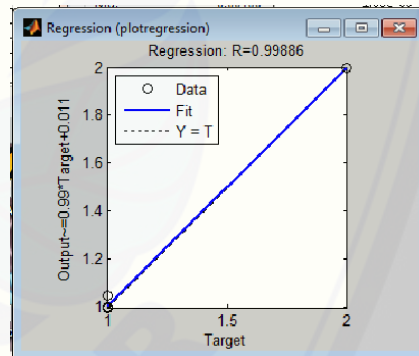
3



Gambar 7. GUI dan window messagebox

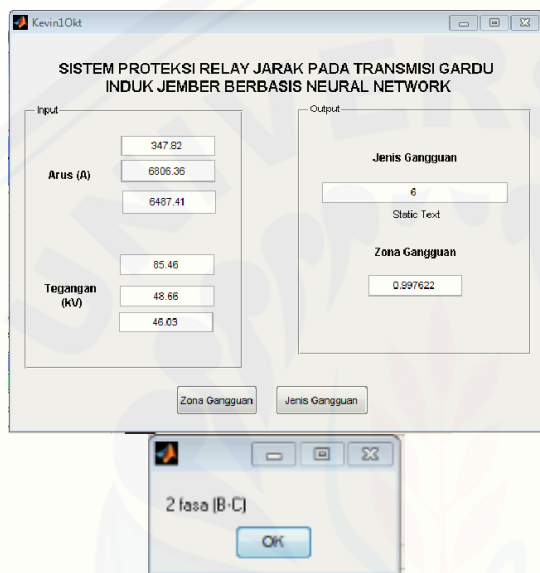


Gambar 8. Jenis Gangguan

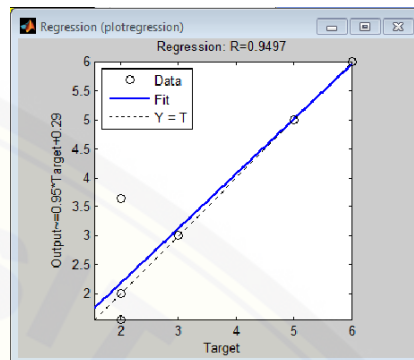


Gambar 9. Zona Gangguan

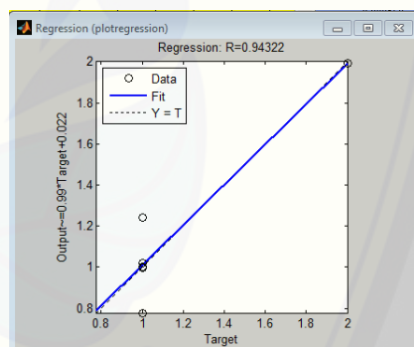
4



Gambar 10. GUI dan *window messagebox*

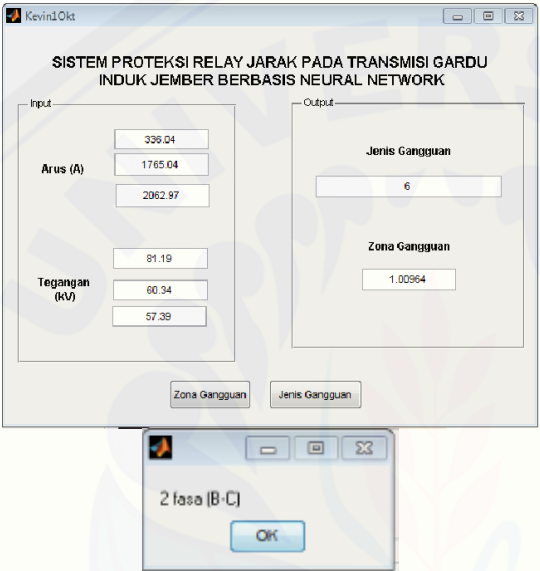


Gambar 11. Jenis Gangguan

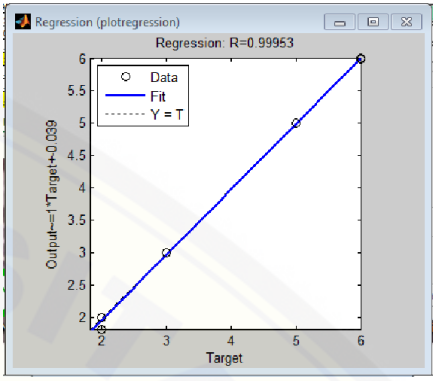


Gambar 12. Zona Gangguan

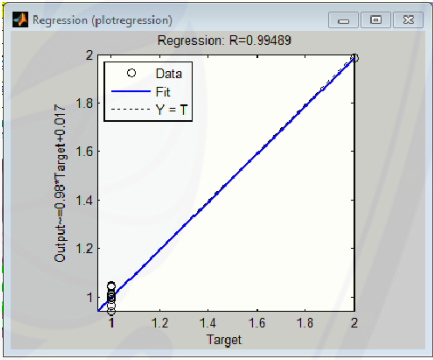
5



Gambar 13. GUI dan *window messagebox*



Gambar 14. Jenis Gangguan



Gambar 15. Zona Gangguan

6

Gambar 16. GUI dan *window messagebox*

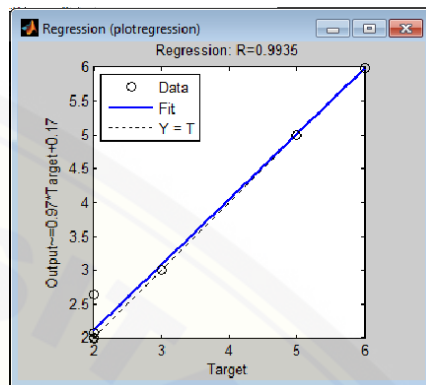
Gambar 17. Jenis Gangguan

Gambar 18. Zona Gangguan

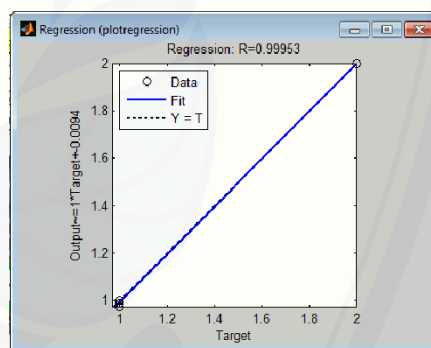
7



Gambar 19. GUI dan window messagebox



Gambar 20. Jenis Gangguan

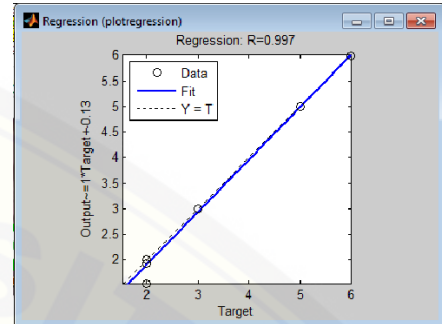


Gambar 21. Zona Gangguan

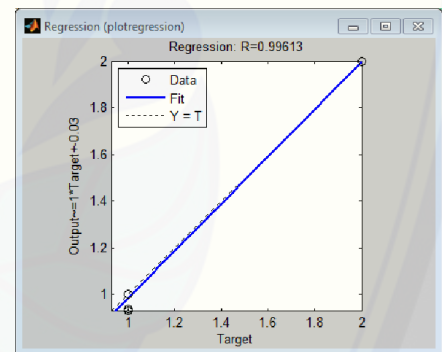
8



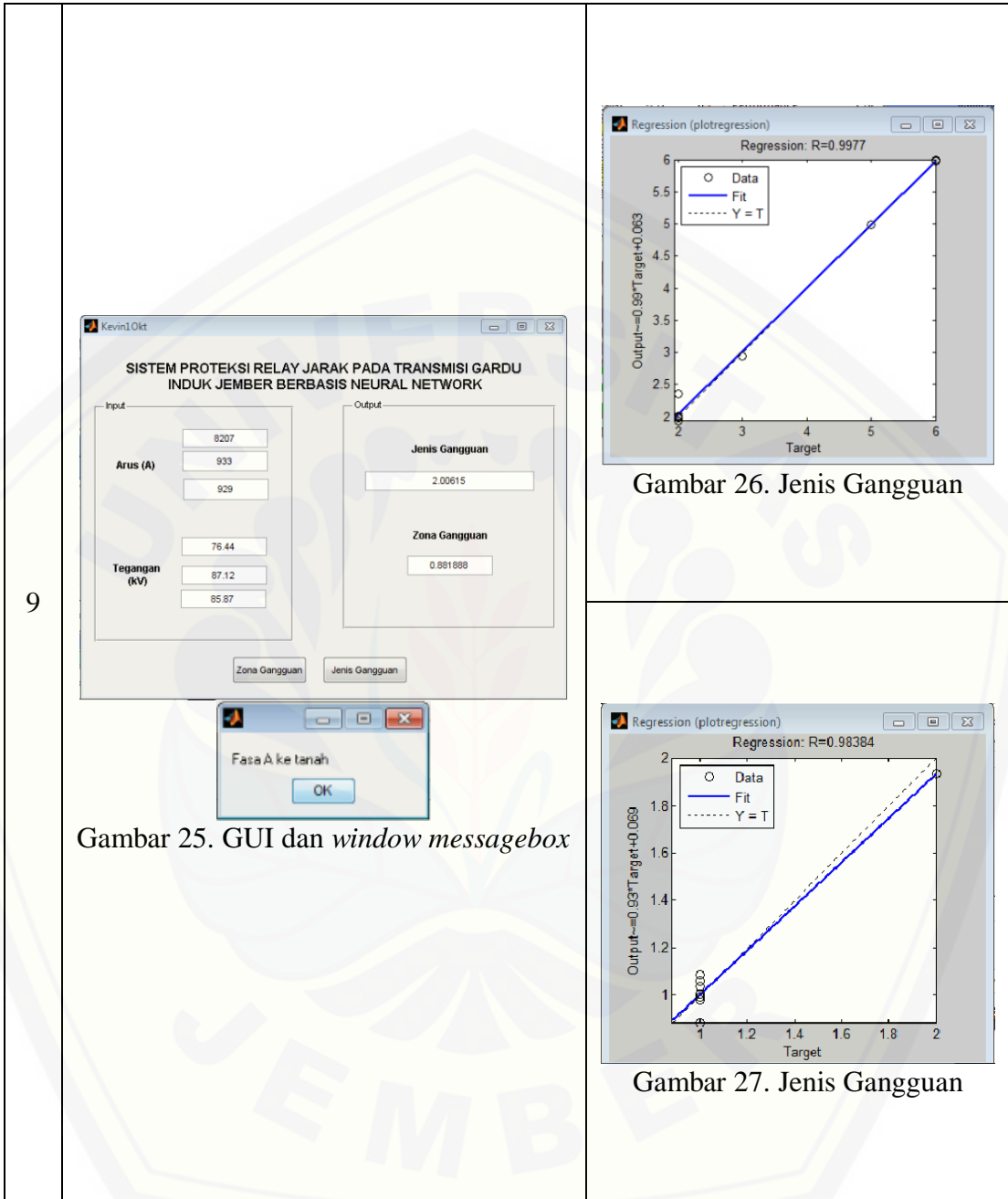
Gambar 22. GUI dan *window messagebox*



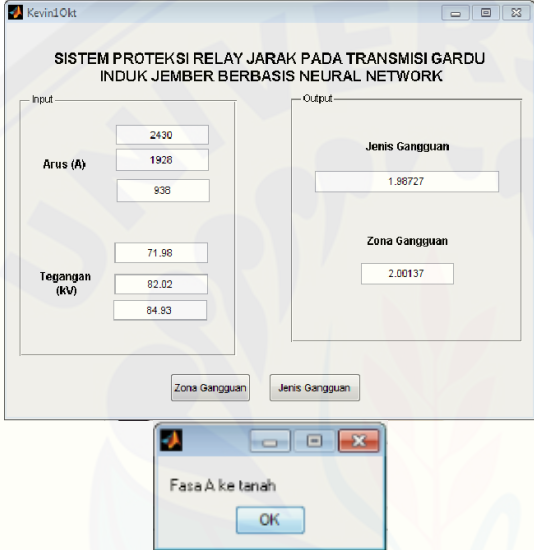
Gambar 23. Jenis Gangguan



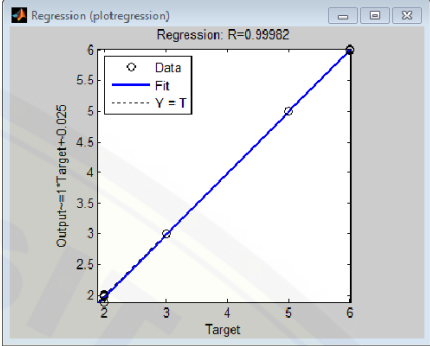
Gambar 24. Zona Gangguan



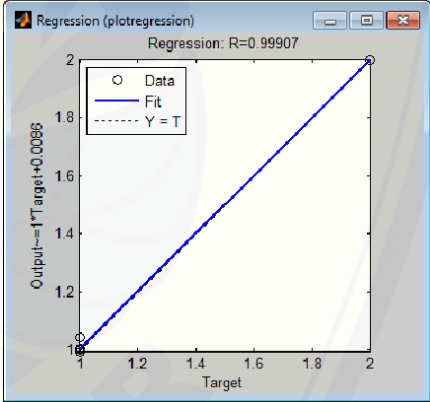
10



Gambar 28. GUI dan *window messagebox*

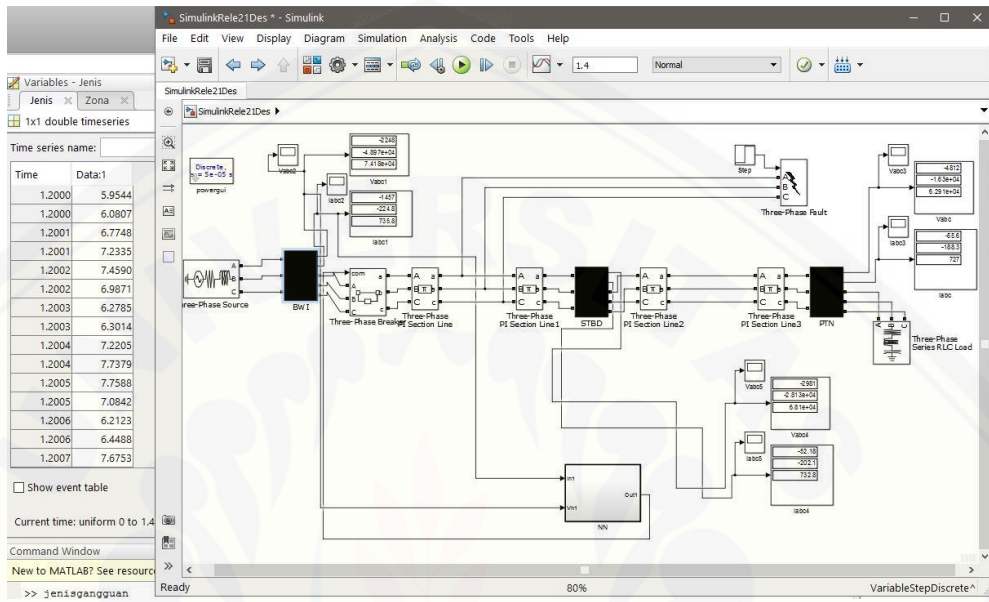
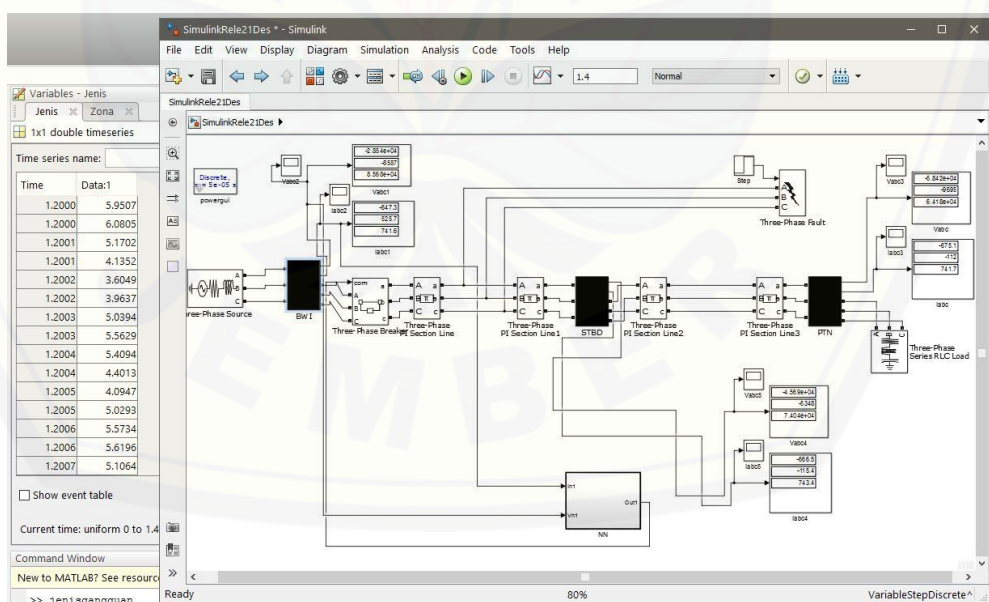


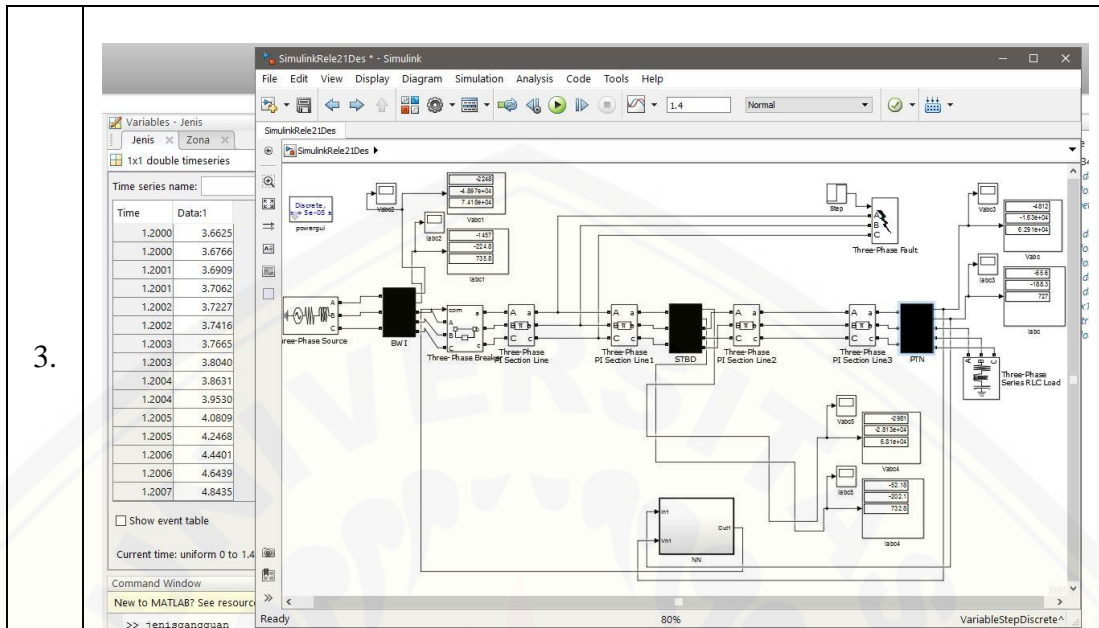
Gambar 29. Jenis Gangguan



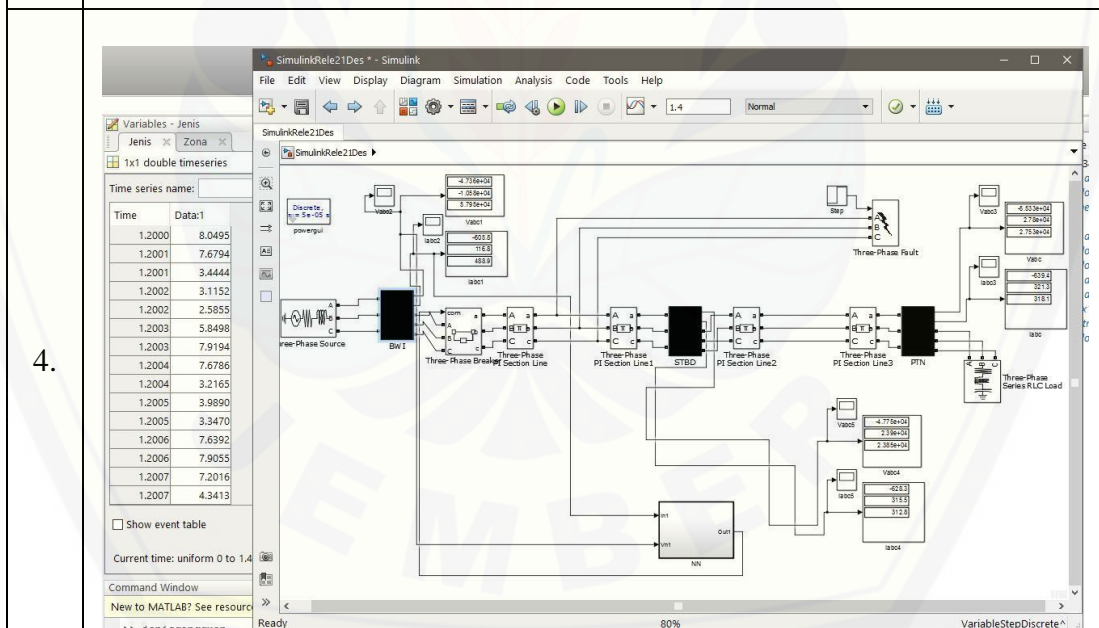
Gambar 30. Jenis Gangguan

E. Gambar Hasil Percobaan Simulink Jenis Gangguan

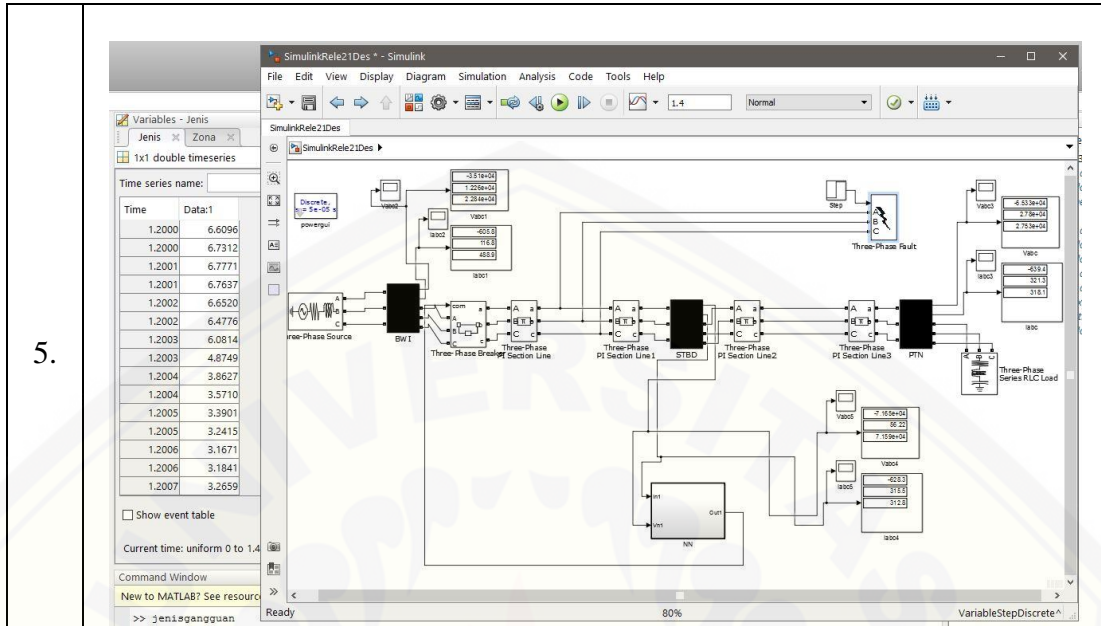
No.	Jenis Gangguan
1.	 <p style="text-align: center;">Gambar 31. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN</p>
2.	 <p style="text-align: center;">Gambar 31. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN</p>



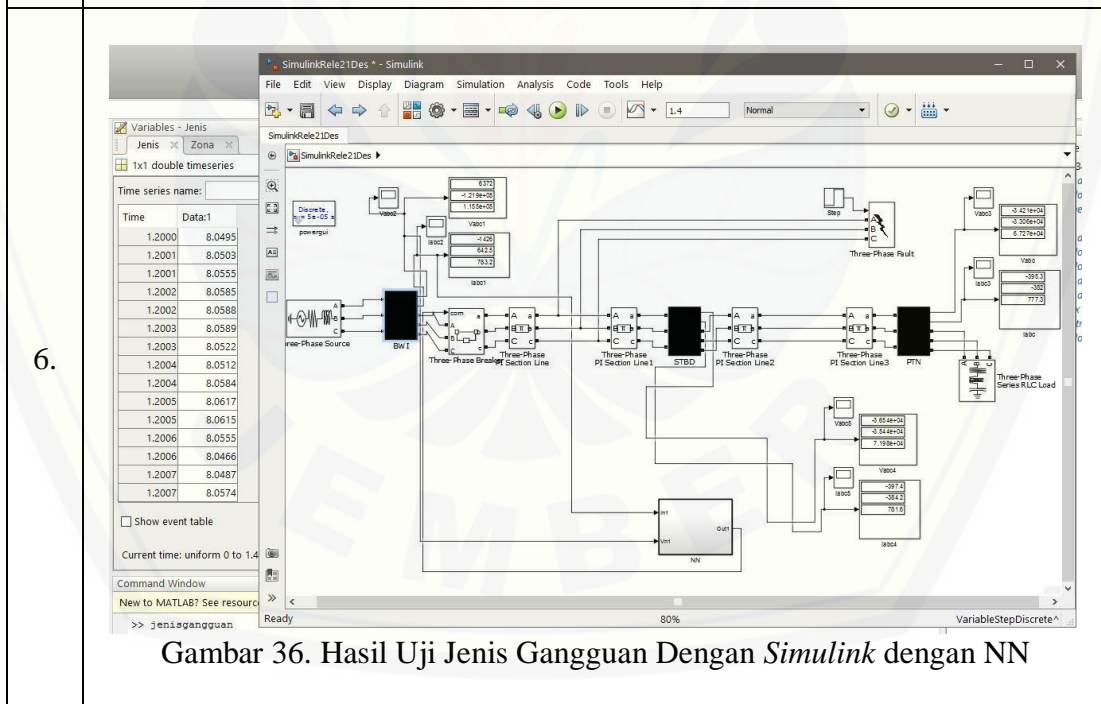
Gambar 33. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN



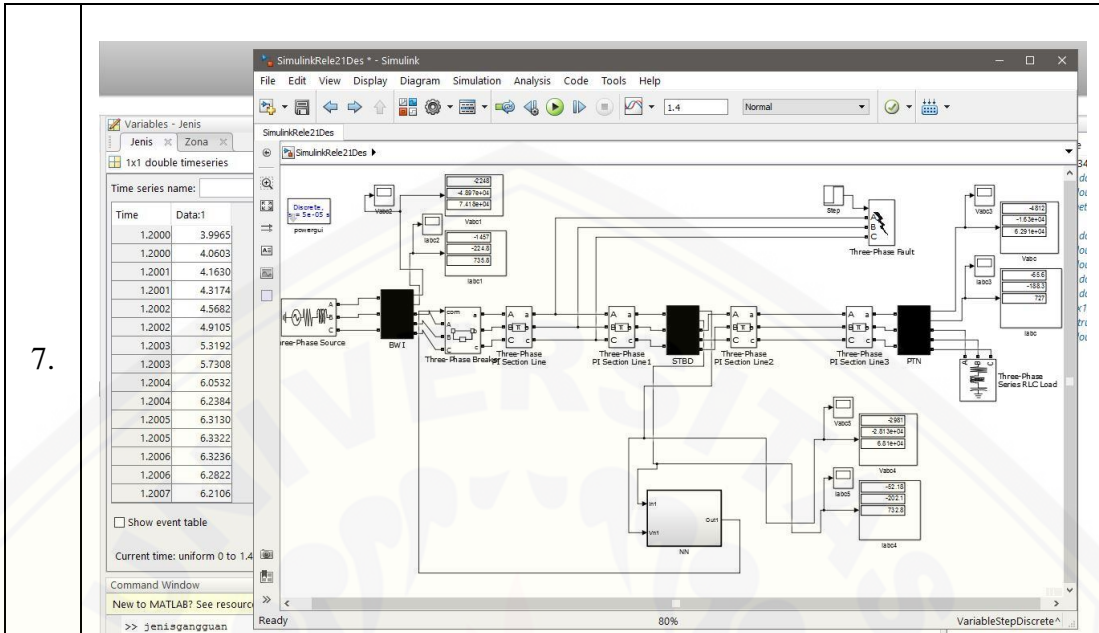
Gambar 34. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN



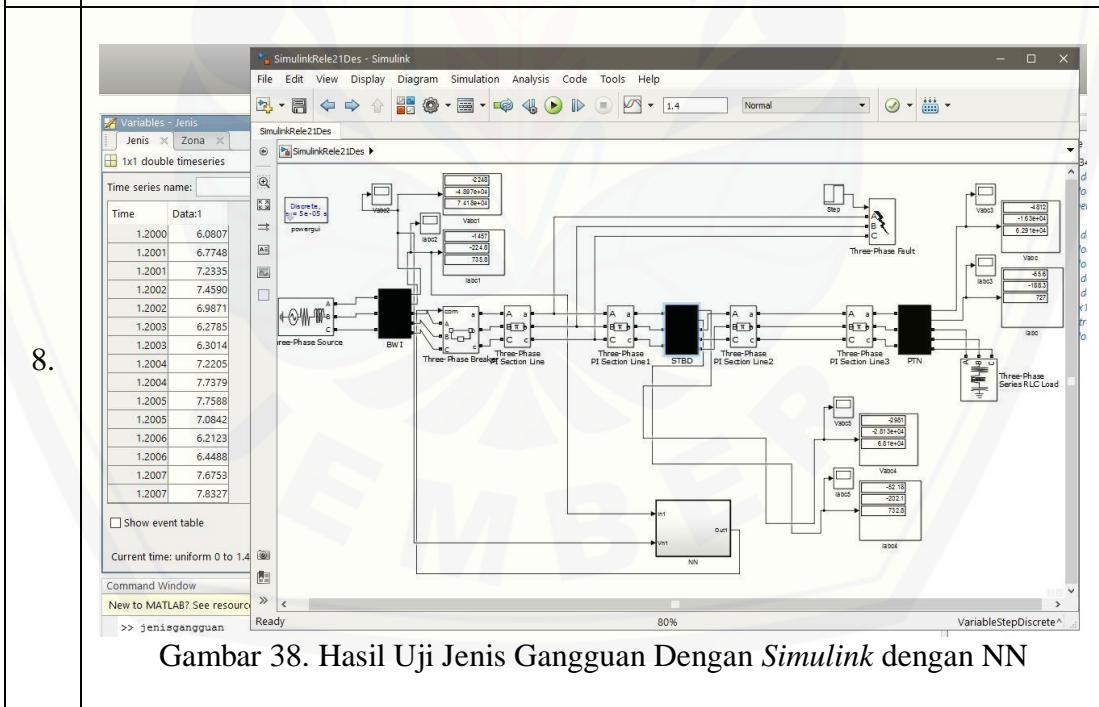
Gambar 35. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN



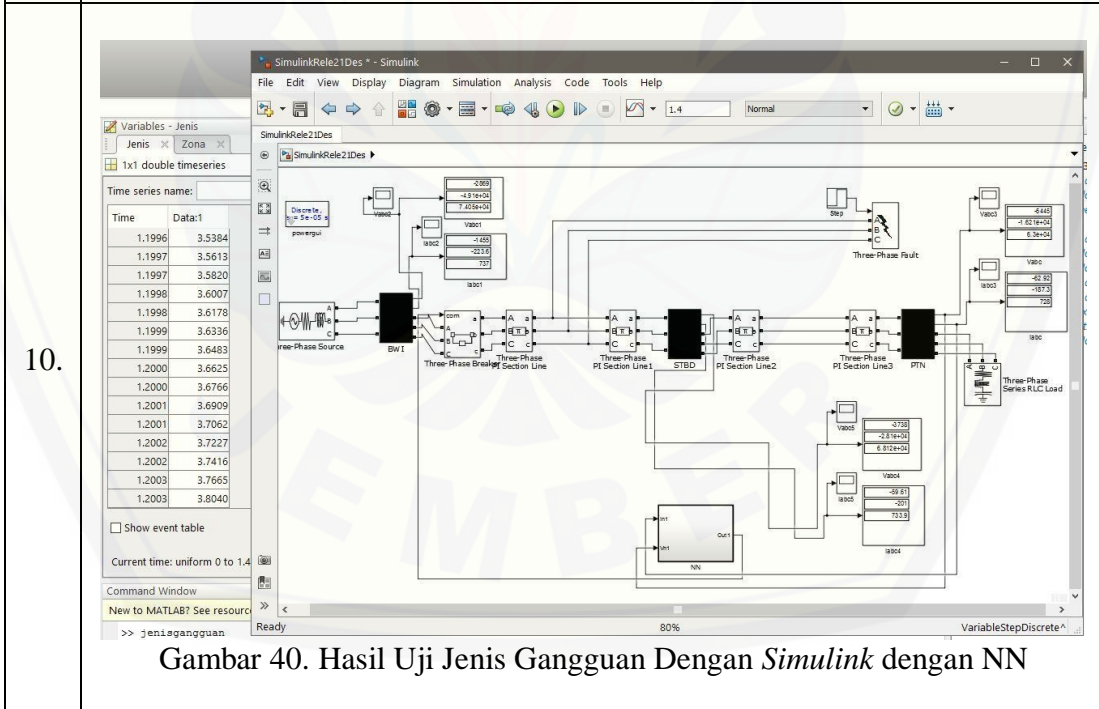
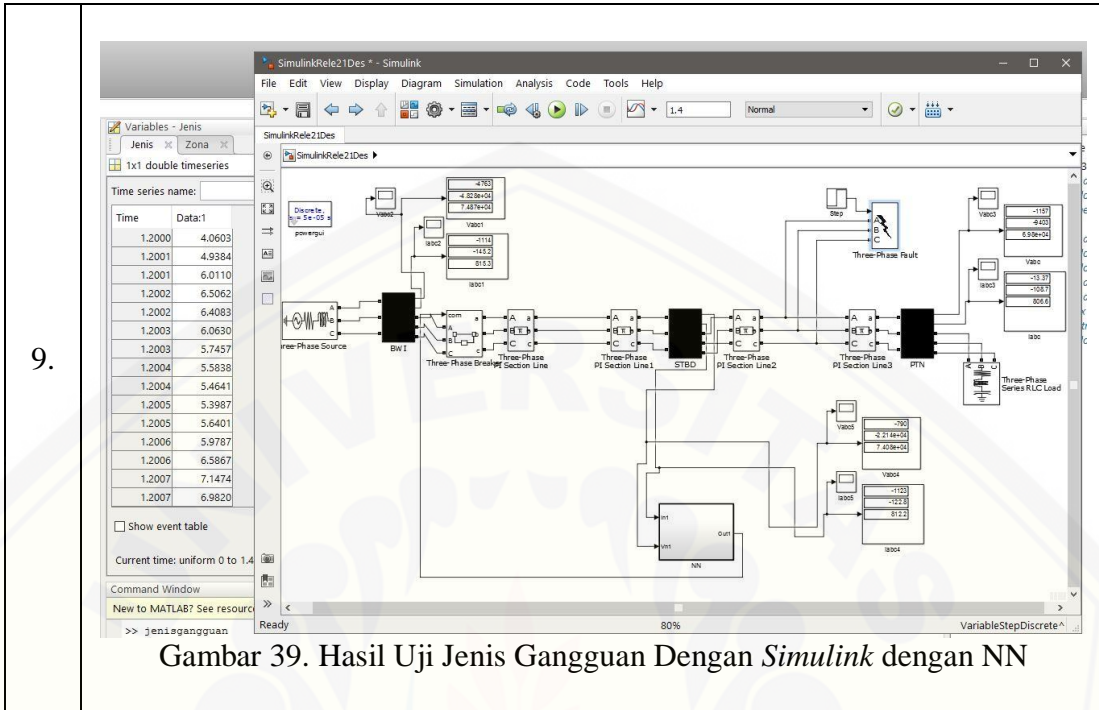
Gambar 36. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN



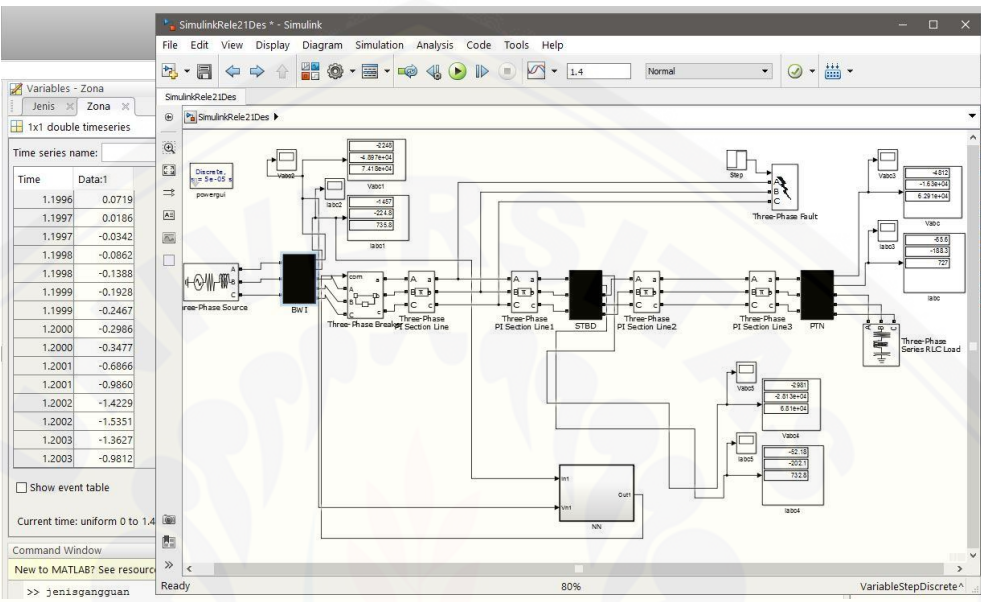
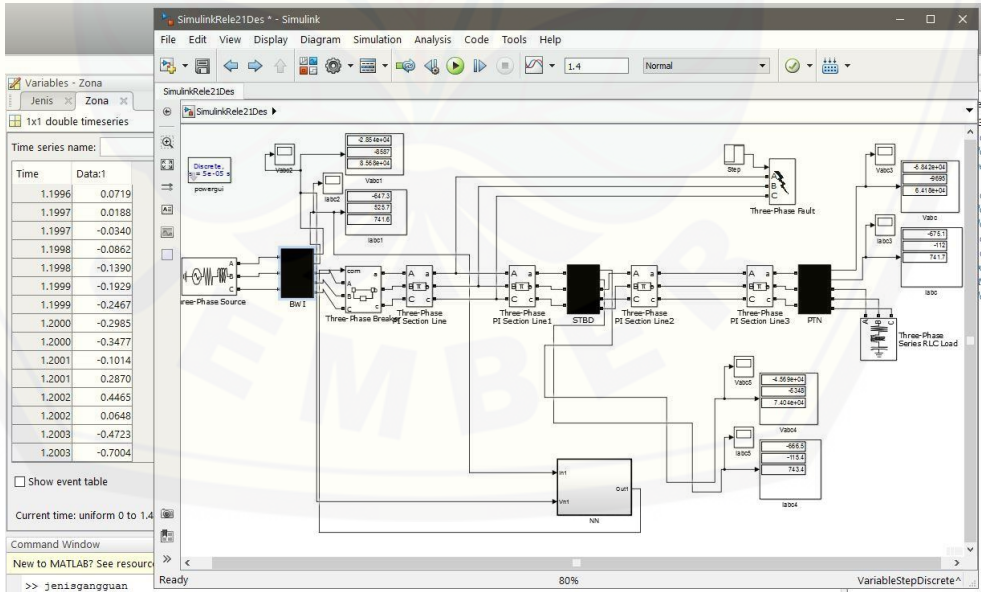
Gambar 37. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN

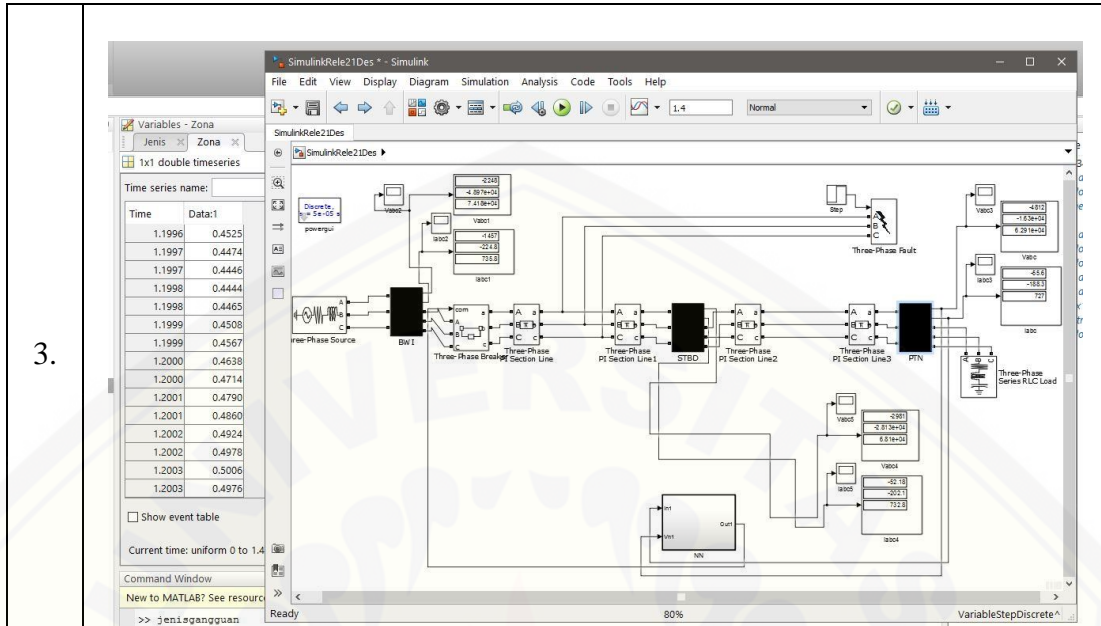


Gambar 38. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN

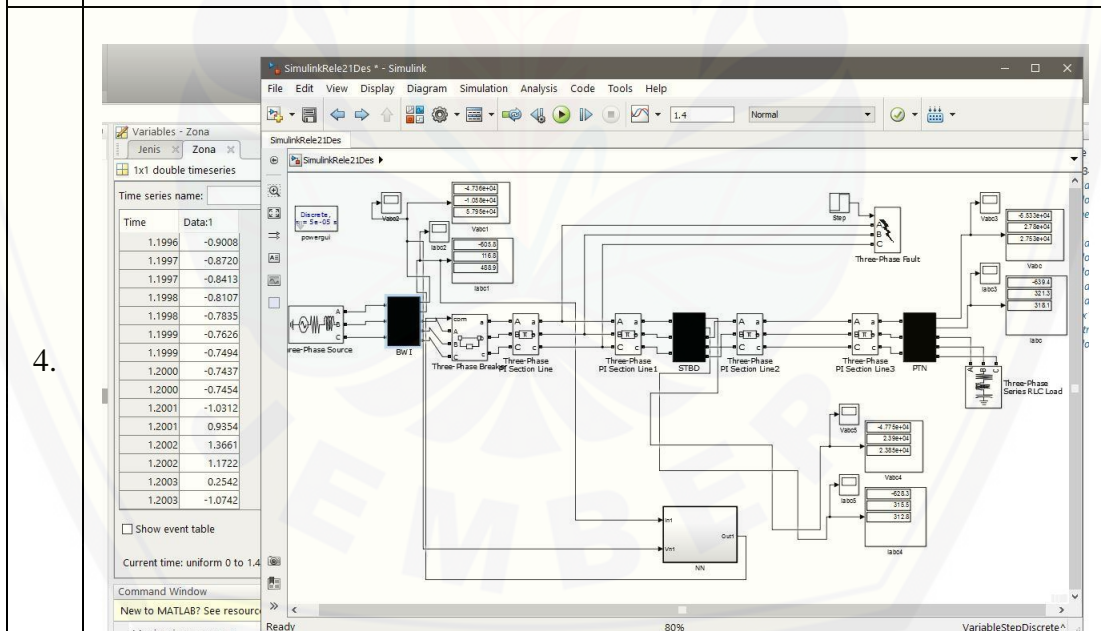


F. Gambar Hasil Percobaan *Simulink* Zona Gangguan

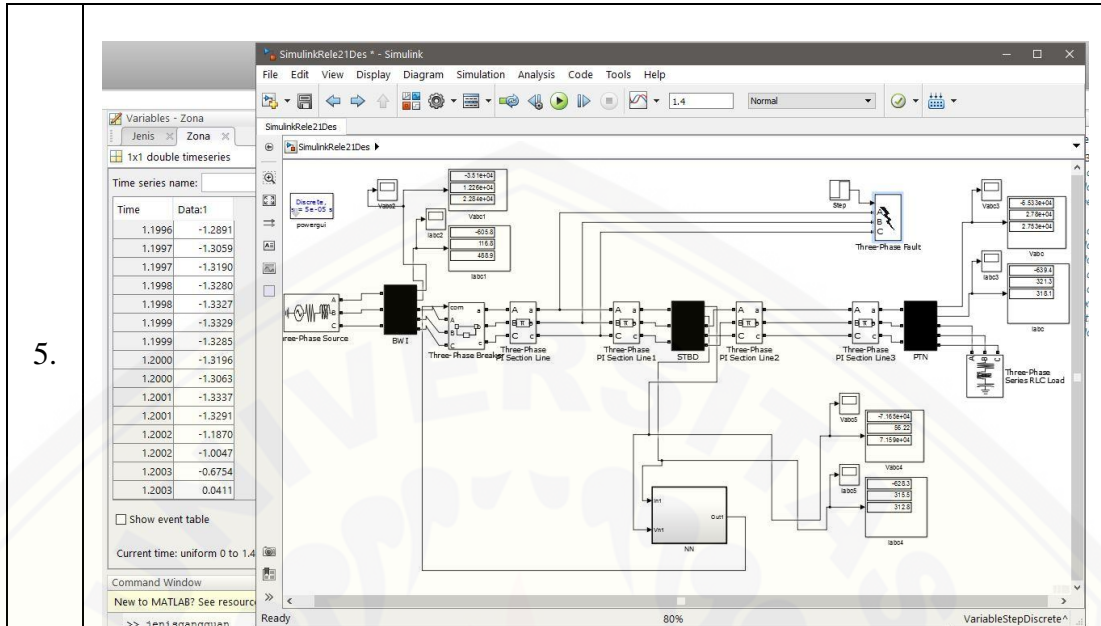
No.	Zona Gangguan
1.	 <p>Gambar 31. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan <i>Simulink</i> dengan NN</p>
2.	 <p>Gambar 31. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan <i>Simulink</i> dengan NN</p>



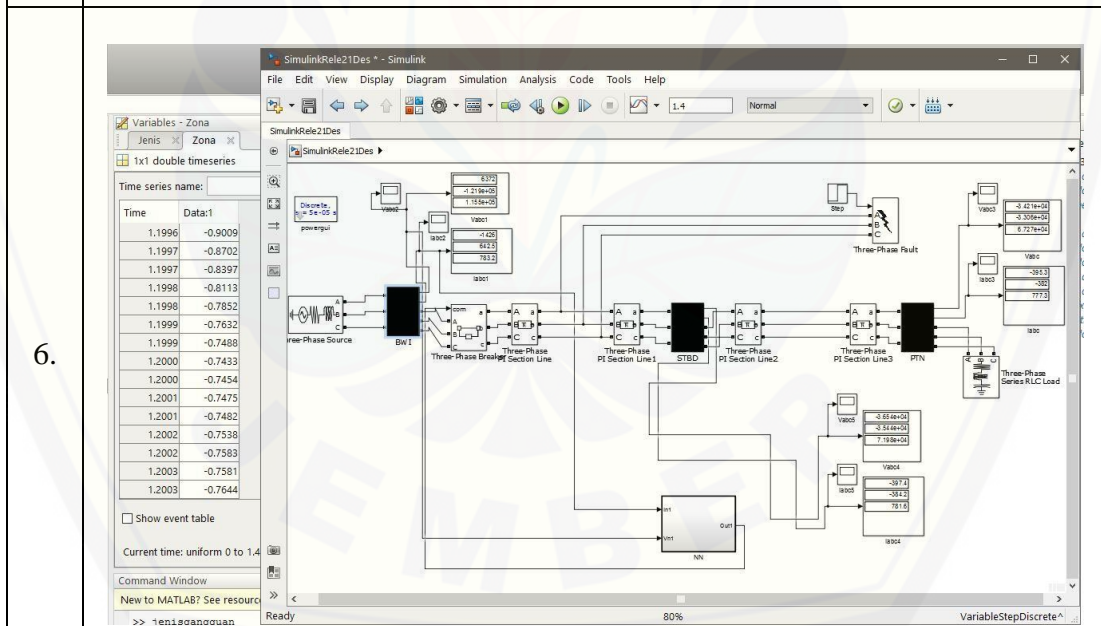
Gambar 33. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN



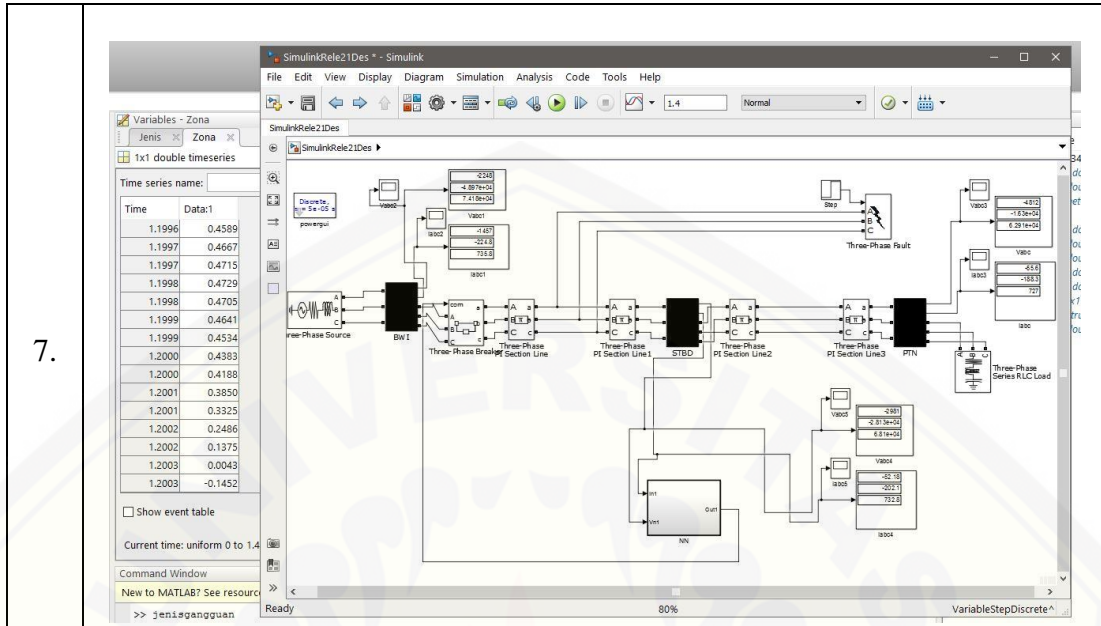
Gambar 34. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN



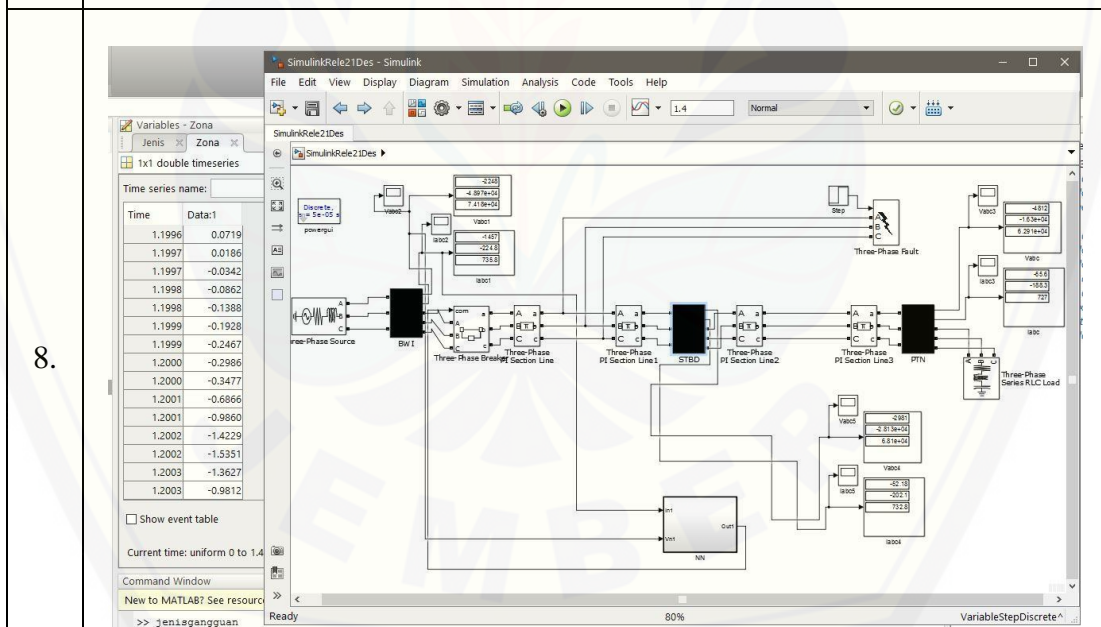
Gambar 35. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN



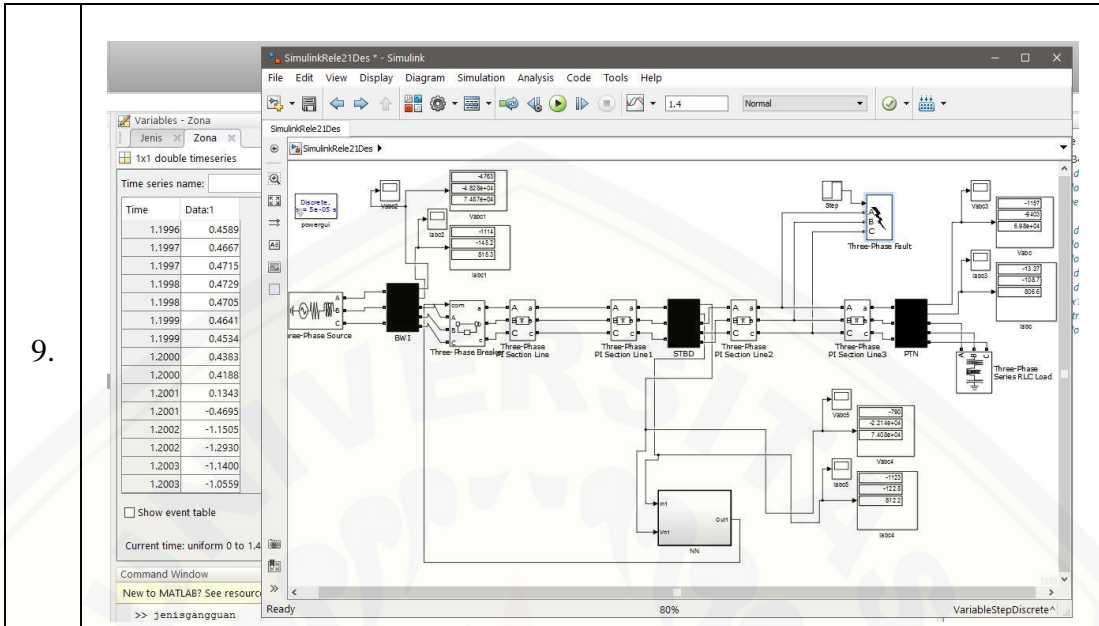
Gambar 36. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN



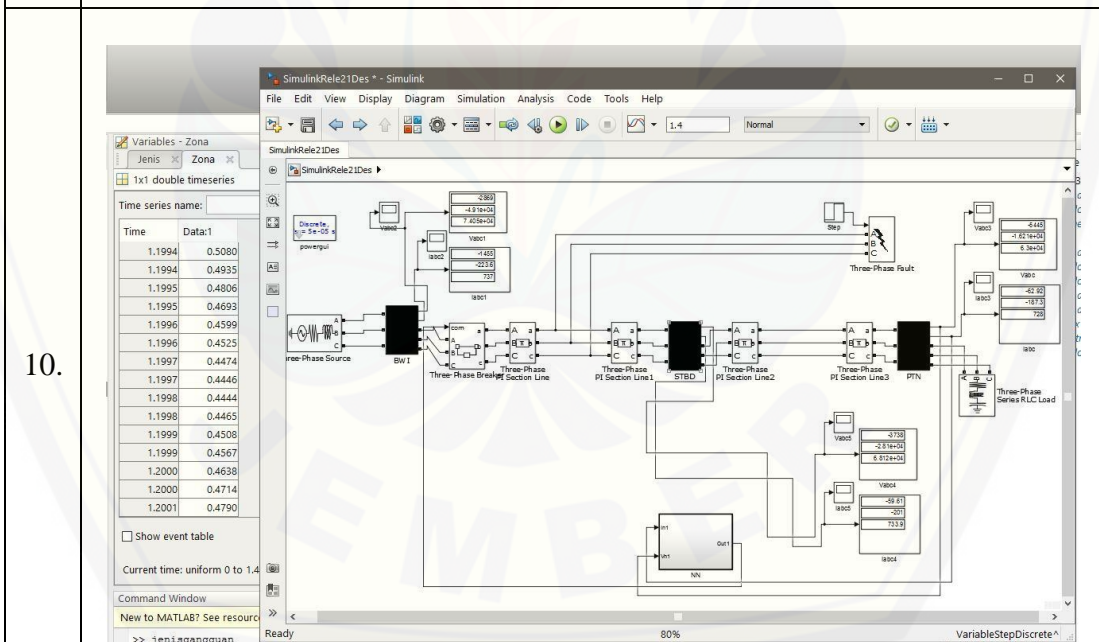
Gambar 37. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN



Gambar 38. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan Simulink dengan NN



Gambar 39. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN



Gambar 40. Hasil Uji Jenis Gangguan Dengan *Simulink* dengan NN

G. Data Gangguan Antar GI Transmisi 150 kV Banyuwangi-Paiton

No.	Tanggal	Jam (WIB)	Transmisi	Panjang Saluran (Km)	Gangguan	Arus Gangguan (A)			Tegangan Gangguan (kV)			Zona
						Ia	Ib	Ic	Va	Vb	Vc	
1.	11/03/2014	12:59:00	Banyuwangi - Situbondo	88,963	Fasa A ke tanah	2854,82	324,48	439,09	55,79	90,71	88,05	1
2.	26/12/2014	13:02:00	Banyuwangi - Situbondo	88,963	Fasa B ke tanah	628,68	3036,41	532,31	88	57,79	89,29	1
3.	01/05/2016	12:32:01	Paiton - Situbondo	54,854	Fasa A ke tanah	4669,52	463,69	927,82	32,73	86,8	88,12	1
4.	02/08/2016	16:50:33	Banyuwangi - Situbondo	88,963	2 fasa (B-C)	347,82	6806,36	6487,41	85,46	48,66	46,03	1
5.	02/08/2016	16:50:33	Situbondo - Banyuwangi	88,963	2 fasa (B-C)	336,04	1765,04	2062,97	81,19	60,34	57,39	1
6.	09/08/2016	15:52:55	Banyuwangi - Situbondo	88,963	2 fasa (A-B)	6832,41	6384,05	472,86	48,46	47,7	89,11	1
7.	25/03/2017	14:47:27	Situbondo - Banyuwangi	88,963	Fasa A ke tanah	2716,85	450,94	481,89	53,31	88,47	86,18	1
8.	25/03/2017	14:47:27	Banyuwangi - Situbondo	88,963	Fasa A ke tanah	2665,4	460,46	498,98	52,04	87,31	85,81	1
9.	07/04/2017	21:13:00	Situbondo - Paiton	54,854	Fasa A ke tanah	8207	933	929	76,44	87,12	85,87	1
10.	07/04/2017	21:13:00	Paiton - Situbondo	54,854	Fasa A ke tanah	2430	1928	938	71,98	82,02	84,93	2