

# ANALISIS SISTEM MONITORING LEVEL KEAMANAN MULTI GENERATOR BERBASIS JARINGAN SARAF TIRUAN PADA SISTEM JAYAPURA 70 KV

## ANALYSIS OF MULTI GENERATOR SECURITY LEVEL MONITORING SYSTEM BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN JAYAPURA 70 KV SYSTEM

Hosea Okoseray,<sup>1</sup> Rosalyna N Ravessy,<sup>2</sup> Moh Reza<sup>2</sup>, Mathen Liga<sup>3</sup>, Ekawati Ohee<sup>3</sup>, Johanis Bay<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Cenderasih, Jl. Kamp Wolker Jl. Kambolker Perumnas III,  
Yabansai, Kec. Heram, Kota Jayapura, Papua 99224

hoseajony04@gmail.com

### ABSTRAK

*Sistem kelistrikan kompleks dan luas diperlukan suatu sistem interkoneksi dari pembangkitan dalam mensuplai daya beban. Sistem interkoneksi diharapkan mampu menjaga kondisi sistem kelistrikan agar tetap stabil apabila terjadi peningkatan dan penurunan daya beban secara tiba-tiba. Monitoring diperlukan pada sisi pembangkitan untuk memantau perubahan daya.. Penelitian ini bertujuan untuk menampilkan kurva kapabilitas dari titik operasi kerja pembebanan multi generator, mengembangkan kurva kapabilitas dengan metoda Neural-Network, untuk menampilkan nilai batas kestabilan dinamik dan batas kestabilan steady state dari kurva kapabilitas multi generator*

*Kurva kapabilitas generator berbasis neural network dikembangkan untuk memonitoring keamanan multi generator. Pengembangan kurva kapabilitas generator diusulkan menggunakan metoda jaring saraf tiruan CBP (Constructive Backpropagation). Sudut kurva asli dipakai sebagai input pelatihan dan daya kompleks kurva asli sebagai target pelatihan. Pelatihan terbaik didapat dengan berimpitnya kurva asli dengan kurva hasil pelatihan. Sistem 70kV system jayapura dengan 4 bus dan 2 pusat pembangkit digunakan sebagai penelitian.. Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan, menggunakan metode Neural-Network bahwa kurva generator PLTA Orya dan PLTU Holtekam masi berada dalam kestabilan total selisih  $R = -2.3408$  dan semua titik pembebanan berada dalam batas kurva kapabilitas generator?*

**Kata Kunci:** Kurva kapabilitas generator, multi generator, jaring saraf tiruan

### ABSTRACT

*The complex and extensive electrical system requires an interconnection system from generation to supply load power. The interconnection system is expected to be able to maintain the condition of the electrical system to remain stable in the event of a sudden increase and decrease in load power. Monitoring is needed on the generation side to monitor power changes. This study aims to display the capability curve of the operating point of multi-generator loading, to develop a capability curve using the Neural-Network method, to display the value of the dynamic stability limit and steady state stability limit of the multi-capability curve. generator*

*A neural network-based generator capability curve was developed to monitor the safety of multiple generators. The development of the generator capability curve is proposed using the CBP (Constructive Backpropagation) artificial neural net method. The angle of the original curve is used as the training input and the complex power of the original curve as the training target. The best training is obtained by the overlap of the original curve with the training yield curve.*

*The 70kV Jayapura system with 4 buses and 2 power plants was used for research. generator capability curve limit*

**Keywords:** Generator capability curve, multi generator, artificial neural net

## PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan kompleks dan luas diperlukan suatu sistem interkoneksi dari pembangkitan dalam mensuplai daya beban. Perubahan daya beban pada sisi beban akan mempengaruhi daya pada pembangkitan. Besar perubahan daya pada generator harus selalu dijaga agar masih dalam batas ambang kemampuan operasi generator. Batas ambang kemampuan operasi generator dinyatakan dalam kurva kapabilitas generator dan monitoring diperlukan pada sisi pembangkitan untuk memantau perubahan daya akibat perubahan daya beban.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menampilkan kurva kapabilitas dari titik operasi kerja pembebanan multi generator.
2. Bagaimana mengembangkan kurva kapabilitas dengan metoda *Neural-Networt*
3. Bagaimana menampilkan nilai batas kestabilan dinamik dan batas kestabilan *steady state* dari kurva kapabilitas multi generator

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menampilkan kurva kapabilitas dari titik operasi kerja pembebanan multi generator.
2. Untuk mengembangkan kurva kapabilitas dengan metoda *Neural-Networt*
3. Untuk menampilkan nilai batas kestabilan dinamik dan batas kestabilan *steady state* dari kurva kapabilitas multi generator

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kurva kapabilitas dikembangkan dengan metode *Neural-Networt*.
2. Menentukan batas kestabilan dinamik kV dan *steady state* multi generator.
3. Penelitian dilakukan pada sistem Jayapura 70

Manfaat Penelitian

1. Memberi kontribusi terhadap upaya untuk memberi peringatan awal (*early warning*) jika terdapat generator beroperasi pada titik kerja bahaya.
2. Meningkatkan sistem monitoring keamanan multi generator

## METODE

Teknik Metode Pengolahan Data

Langkah 0: Inisial bobot

Pemberian inialisasi bobot penimbang (diberi nilai kecil secara acak)

Langkah 1 :

Selama kondisi berhenti tidak terpenuhi lakukan langkah 3 hingga 9

Langkah 2 :

Untuk setiap pasangan vector pelatihan, lakukan langkah 3 hingga 8  
*Propagasi maju (Feedforward)*

Langkah 3 :

masing-masing unit masukan ( $X_i, i = 1, 2, \dots, n$ ) menerima sinyal masukan  $X_i$  dan menjalankan sinyal tersebut ke semua neuron pada lapisan selanjutnya (unit-unit lapisan tersembunyi)

Langkah 4 :

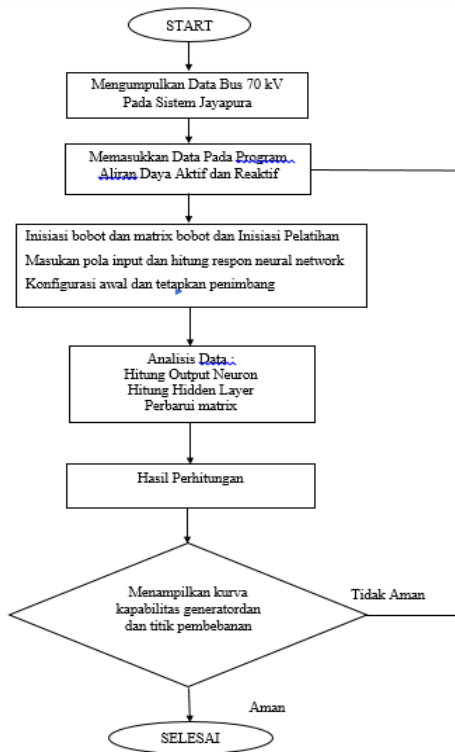
Untuk setiap neuron dalam dilapisan tersembunyi ( $Z_j, j=1, 2, \dots, p$ ) jumlah bobotnya dengan sinyal masukanya masing-masing:

Kemudian menghitung sesuai dengan fungsi aktifasi yang digunakan:

bila yang digunakan adalah fungsi sigmoid maka bentuk fungsi tersebut adalah:

Kemudian mengirim sinyal tersebut ke semua unit keluaran (unit keluaran

### Diagram alir penelihan



$$Z_{L3} = \text{Panjang Saluran} \times Z_{\text{Penghantar}} / \text{km}$$

$$Z_{L3} = 87,26 \times (0,1183 + j0,7825)$$

$$Z_{L3} = 10,3229 + j68,2800$$

$$Z_{L3} = 69,0559 \angle 81,403^\circ \text{ (Ohm)}$$

$$Z_0 = ((0,15 + R) + j(3.XL)).\text{panjang saluran}$$

$$Z_0 = ((0,15 + 0,1183) + j(3 \times 0,3877)) \times 87,26$$

$$Z_0 = (0,2683 + j1,1631) \times 87,26$$

$$Z_0 = 23,4119 + j101,4921$$

$$Z_0 = 104,1574 \angle 77,0104^\circ \text{ (Ohm)}$$

Impedansi total (Ztotal)

$$Z_{\text{total}} = Z_{L2} + Z_2 + Z_0$$

$$Z_{\text{total}} = (10,3223 + j68,2800) + (10,3223 + j68,2800) + (23,4119 + j101,4921)$$

$$Z_{\text{total}} = 44,0576 + j238,0520$$

$$Z_{\text{total}} = 242,0947 \angle 79,5146^\circ \text{ (Ohm)}$$

Nilai impedansi saluran PLTA Orya – GI

Harapan

Nilai impedansi urutan positif ( $Z_{L1}$ ) dan negatif ( $Z_2$ ) pada saluran transmisi PLTA Orya – GI Harapan :

– GI Harapan :

$$Z_{L1} = Z_2$$

$$Z_{L1} = \text{Panjang Saluran} \times Z_{\text{Penghantar}} / \text{km}$$

$$Z_{L1} = 74,4 \times (0,1183 + j0,7825)$$

$$Z_{L1} = 8,8015 + j58,2172$$

$$Z_{L1} = 58,8787 \angle 81,403^\circ \text{ (Ohm)}$$

$$Z_0 = ((0,15 + R) + j(3.XL)).\text{panjang saluran}$$

$$Z_0 = ((0,15 + 0,1183) + j(3 \times 0,3877)) \times 74,4$$

$$Z_0 = (0,2683 + j1,1631) \times 74,4$$

$$Z_0 = 19,9615 + j86,5346$$

$$Z_0 = 88,8071 \angle 77,0104^\circ \text{ (Ohm)}$$

Impedansi total (Ztotal)

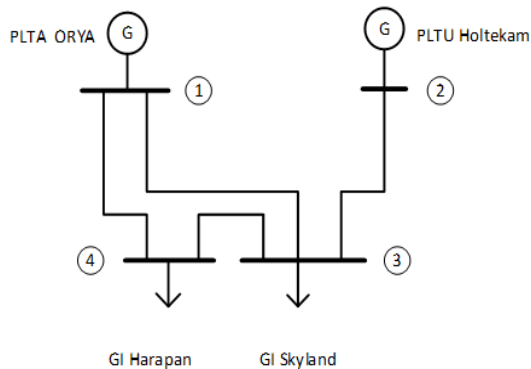
$$Z_{\text{total}} = Z_{L2} + Z_2 + Z_0$$

$$Z_{\text{total}} = (8,8015 + j58,2172) + (8,8015 + j58,2172) + (19,9615 + j86,5346)$$

$$Z_{\text{total}} = 37,5646 + j202,9690$$

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembahasan memuat uraian sebagai berikut :



**Gambar 1** Single line Sistem Jayapura

#### 1. Perhitungan Impedansi

Nilai impedansi saluran PLTA Orya – GI Skyline

Nilai impedansi urutan positif ( $Z_{L1}$ ) dan negatif ( $Z_2$ ) pada saluran transmisi PLTA Orya – GI Skyline :

– GI Skyline :

$$Z_{L3} = Z_2$$

$$Z_{total} = 206,4158 \angle 79,5146^\circ \text{ (Ohm)}$$

Nilai Impedansi Saluran GI Harapan – GI Skyline

Nilai Impedansi urutan positif ( $Z_{L2}$ ) dan negatif ( $Z_2$ ) pada saluran transmisi GI Harapan – GI Skyline :

$$Z_{L2} = Z_2$$

$$Z_{L2} = \text{Panjang Saluran} \times \frac{Z_{Pengaruhantar}}{km}$$

$$Z_{L2} = 12,86 \times (0,1183 + j0,7825)$$

$$Z_{L2} = 1,5213 + j 10,0628$$

$$Z_{L2} = 10,1772 \angle 81,403^\circ \text{ Ohm}$$

Impedansi urutan nol ( $Z_0$ ) :

$$Z_0 = ((0,15 + R) + j(3.XL)).\text{panjang saluran}$$

$$Z_0 = ((0,15 + 0,1183) + j(3 \times 0,3877)) \times 12,86$$

$$Z_0 = (0,2683 + j1,1631) \times 12,86$$

$$Z_0 = 3,3806 + j14,6551$$

$$Z_0 = 15,0399 \angle 77,0104^\circ \text{ (Ohm)}$$

Impedansi total ( $Z_{total}$ )

$$Z_{total} = Z_{L2} + Z_2 + Z_0$$

$$Z_{total} = (1,5213 + j 10,0628) + (1,5213 + j 10,0628) + (3,3806 + j14,6551)$$

$$Z_{total} = 6,4233 + j34,7807$$

$$Z_{total} = 35,3688 \angle 79,5366^\circ \text{ (Ohm)}$$

Nilai impedansi saluran GI Skyline – PLTU Holtekamp

Nilai impedansi urutan positif ( $Z_{L1}$ ) dan negatif ( $Z_2$ ) pada saluran transmisi GI Skyline – PLTU Holtekamp:

$$Z_{L1} = Z_2$$

$$Z_{L1} = \text{Panjang Saluran} \times \frac{Z_{Pengaruhantar}}{km}$$

$$Z_{L1} = 21,72 \times (0,1183 + j0,7825)$$

$$Z_{L1} = 2,5694 + j15,8230$$

$$Z_{L1} = 16,0302 \angle 81,403^\circ \text{ (Ohm)}$$

$$Z_0 = ((0,15 + R) + j(3.XL)).\text{panjang saluran}$$

$$Z_0 = ((0,15 + 0,1183) + j(3 \times 0,3877)) \times 21,72$$

$$Z_0 = (0,2683 + j1,1631) \times 21,72$$

$$Z_0 = 5,8274 + j25,2625$$

$$Z_0 = 25,9259 \angle 77,0104^\circ \text{ (Ohm)}$$

Impedansi total ( $Z_{total}$ )

$$Z_{total} = Z_{L2} + Z_2 + Z_0$$

$$Z_{total} = (2,5694 + j15,8230) + (2,5694 + j15,8230) + (5,8274 + j25,2625)$$

$$Z_{total} = 10,9662 + j56,9085$$

$$Z_{total} = 57,9554 \angle 79,5146^\circ \text{ (Ohm)}$$

## 2. Metode Newton Raphson

Sistem 4 bus dengan load flow metode newton raphson (Q generator) tersebut sudah konvergen pada iterasi 2 kali yang masih dibawah maksimum (iterasi 10) serta maksimum power mismatchnya kurang dari 0,001.

## 3. Hasil Pelatihan Kurva Kapabilitas Generator

PLTA Orya ( 2x10 MW) dan PLTU Holtekam (1x134Mw)

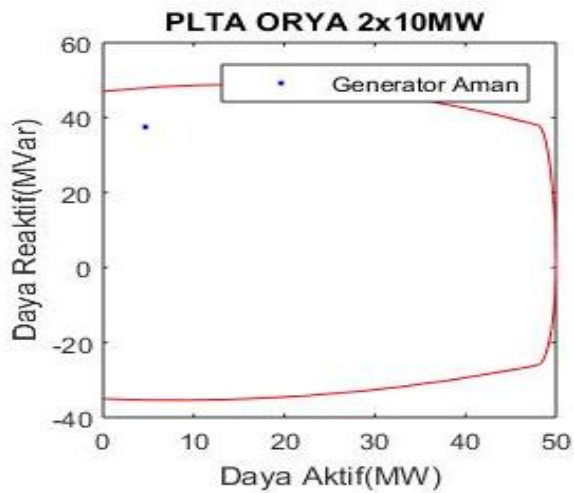
PLTA Orya ( 2x10 MW )

Data kurva plot titik  $P$  dan  $Q$  untuk kurva kapabilitas generator 2x10 MW PLTA Orya ditunjukkan pada Lampiran Tabel 3.4. Jumlah data pasangan plot titik  $P$  dan  $Q$  terdiri dari :

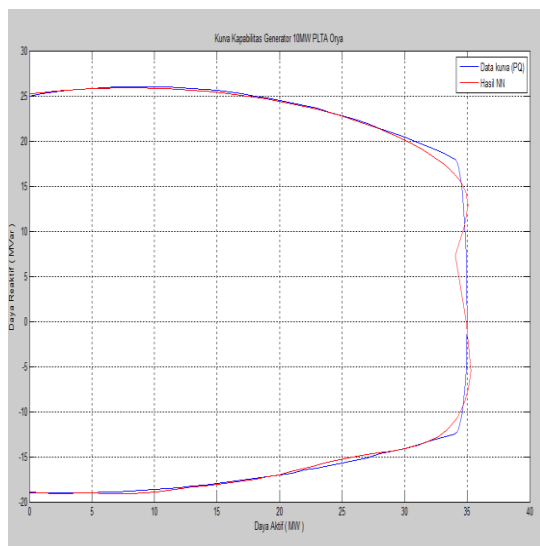
Titik P : 30 titik

Titik Q : 14 titik

Pelatihan kurva kapabilitas generator 2x10MW PLTA Orya dilatih untuk mengenali target dengan jumlah neuron dibatasi hingga 50 neuron dengan epoch 550. Pada neuron ke 48 didapat pelatihan terbaik dengan tingkat ketelitian 0,0002. Tampilan kurva kapabilitas generator 2x10MW PLTA Orya berdasarkan data kurva  $PQ$  di tunjukkan pada Gambar 2 dan tampilan kurva kapabilitas generator 2x10MW PLTA Orya hasil pelatihan  $MV$  ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 2** kurva kapabilitas generator PLTA Orya 2x10 MW Hasil pelatihan Metode *Newton Rapson*



**Gambar 3** kurva kapabilitas generator PLTA Orya 2x10 MW hasil Pelatihan *Neural Network*

PLTU Holtekam ( 134 MW)

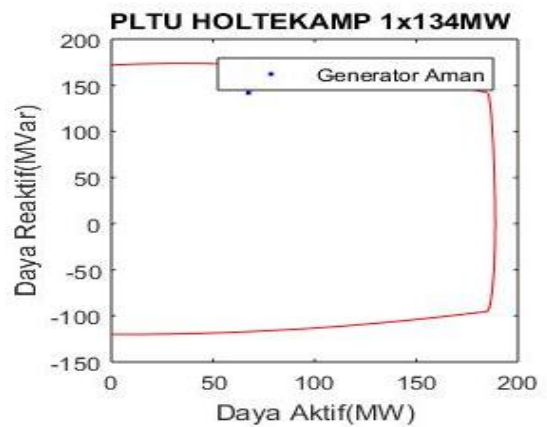
Data kurva plot titik *P* dan *Q* untuk kurva kapabilitas generator 134MW PLTU Holtekam ditunjukkan pada Lampiran Tabel 3.4. Jumlah data pasangan plot titik *P* dan *Q* terdiri dari :

Titik *P* : 51 titik

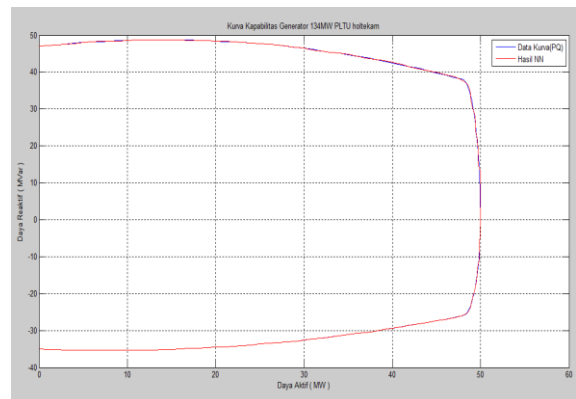
Titik *Q* : 35 titik

Pelatihan kurva kapabilitas generator 134 MW PLTU Holtekam dilatih untuk mengenali target dengan jumlah penambahan neuron dibatasi sebanyak 50 neuron dengan epoch 550. Pada

neuron ke 48 didapat pelatihan terbaik dengan tingkat ketelitian 0,0001. Tampilan kurva kapabilitas generator 134MW PLTU Holtekam berdasarkan data kurva *PQ* ditunjukkan pada Gambar 4. dan Tampilan kurva kapabilitas generator 134MW PLTU Holtekam hasil pelatihan *NN* ditunjukkan pada Gambar .



**Gambar 4** kurva kapabilitas generator PLTU Holtekam 1x134MW Hasil Pelatihan Metode *Newton Rapson*



**Gambar 5** kurva kapabilitas generator PLTU Holtekam 1x134MW hasil pelatihan *Neural Network*

**Tabel 1** Hasil Metode Newton Raphson

Line		Power at bus & line flow			Line loss	
From	To	MW	Mvar	MVA	MW	Mvar
1	4	0,000	0,000	9,3000	0,000	-1,135
	3					
2	3	0,000	0,000	67,500	0,001	-0,497
3	2	56,900	3,250	-16,960	0,186	-1,956
	1					
	4					
4	1	17,500	3,360	14,656	0,186	-1,956
	3					
<b>Total Loss</b>					<b>0,179</b>	<b>-3,145</b>

**Tabel 2** Aliran Daya

No Bus	Jenis Pembangkitan	Total Pembebanan Kurva	
		$P_{gen}$ (MW)	$Q_{gen}$ (MVar)
1	PLTA Orya	30	14
2	PLTU Holtekam	51	35

**Tabel 3** Titik pembebanan Masing-masing Kurva Generator

No Bus	Jenis Pembangkitan	Kapasitas Pembangkitan (MW)	Titik pembebanan per kurva	
			$P_{gen}$ (MW)	$Q_{gen}$ (MVar)
1	PLTA Orga	2 x 10	30	14
2	PLTU Holtekam	1 x 134	51	35

**Tabel 4** Hasil pengujian masing-masing kurva

Jenis Pembangkitan	Hasil Pengujian untuk masing-masing kurva			Pf
	$R_{ref}$	$R_{gen}$	Selisih_R	
PLTA Orya	38.0127	33.1059	-4.9068	0.9062
PLTU Holtekam	59.2886	61.8547	2.5660	0.8569
Total selisih_R			-2.3408	

**Persamaan**

$$Z_{L1} = \text{Panjang Saluran} \times \frac{Z_{\text{penghantar}}}{\text{km}} \dots\dots\dots 1$$

$$Z_{L3} = Z_2 \dots\dots\dots 2$$

$$I_r = \frac{P}{E_t} \dots\dots\dots 3$$

$$I_x = \frac{Q}{E_t} \dots\dots\dots 4$$

$$R_{ref} > R_{gen} \dots\dots\dots 5$$

$$\text{Selisih}_R = R_{gen} - R_{ref} \dots\dots\dots 6$$

**KESIMPULAN**

1. Kurva kapabilitas generator PLTA Orya dan PLTU Holtekam sistem 70 kV Jayapura dapat dikatakan aman, karena dari hasil ranin terlihat bahwa kurva kapabilitas masi berada titik operasi yang aman. Dimana batas aman PLTA Orya 50MW dan PLTU Holtekam 200MW
2. Hasil runing PLTA Orya dan PLTU Holtekam menggunakan motode neural network dikatakan aman, karena ouput mines (-) sedangkan ouput plas (+) maka generator tidak aman
3. Hasil pelatihan kurva kapabilitas PLTA Orya dan PLTU Holtekam dengan metode neural networt dapat dikatan dalam kondisi aman, dikarena dari hasil ranin terlihat bahwa belum melewati batas aman. Dimana nilai batas aman PLTA Orya 45MW dan PLTU Holtekam 60MW

### *Saran (Opsional)*

Berdasarkan impendansi dan pengujian aplikasi masih banyak pengembangan yang dapat dilakukan terhadap kurva generator

Untuk pengembangan selanjutnya diharapkan:

1. Penggunaan data latih diperbanyak supaya tingkat kesalahan indentifikasi sistem diperkecil.
2. Memperbanyak varian jenis penelitian dengan menggunakan metode yang sama..

### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur Keada Tuhan yang Maha Esa penulis panjatkan kehadiran Tuhan Allah atas rahmat dan karuniaNya sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan jurnal Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Sistem Monitoring Level Keamanan Multi Generator Berbasis Jaringan Saraf Tiruan Pada Sistem Jayapura 70 kV** Untuk memenuhi syarat yang telah ditentukan dalam penyelesaian pendidikan Strata 1 pada jurusan Teknik Elektro Universitas Cenderawasih, Banyaknya halangan yang menimbulkan penulis kesulitan dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, namun berkat bantuan berbagai pihak akhirnya kesulitan yang timbul dapat teratasi. Dan untuk itu izinkan saya menyampaikan rasa terima kasih serta rasa hormat yang tulus yang tak terhingga kepada :

1. Bapak Dr.Ir. Apolo Safanpo, ST.,MT,IPM Selaku Rektor Universitas Cenderawasih
2. Bapak Dr.Ir. Johni Jonatan Numberi, M.Eng.,IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Ibu Theresia Wuri O. S.T.,M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
4. Ibu Rosalina N Revassy, S.Kom.,MT Selaku Ketua Program Studi S-1 Jurusan Teknik Elektro.
5. Ibu Rosalina N Revassy, S.Kom.,MT Selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing tanpa lelah dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Muhamad Ari Reza ,ST., MT Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu dan pemikiran dalam proses penyusunan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Para staf dosen pada Program Studi Teknik Elektro dan Tata Usaha yang berada di lingkungan Fakultas Teknik.
8. PT. PLN (PERSERO) Gardu Induk Skyline yang telah membantu saya dalam mengumpulkan data Tugas Akhir.
9. Pemerintah Kampung Yongsu Spari yang telah membantu saya dalam hal Biaya siswa
10. Orang Tuaku dan saudara saya yang selalu memberikan bantuan doa dan moril kepada saya.
11. Seluruh teman – teman saya terkhususnya di Jurusan Teknik Elektro Angkatan 2018.

12. Orang - orang yang menguatkan mental saya dari pengalaman yang diberikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Haykin, S, 1994,*Neural Networt: A Komprehensive Foundation*, Macmillan Publishing Company, New York
- Andrijasa, M.F dan Mistianingsih, (2010), *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Jumlah Pengangguran di Provinsi Kalimantan Timur Dengan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation*, FMIPA Universitas Mulawarman *Menggunakan Algoritma Pembelajaran Backpropagation*, FMIPA Universitas Mulawarman
- Hadi Saadat, ” *Power system analysis*”. International Edition. Second edition 2004
- Prabha Kundur.” *Power system stability and control*” McGraw-Hill, New York. 1994.
- Donal Reimert, ” *Protective relaying for power generation system*” Taylor & Francis Group LLC 2006
- Ramon Sandoval, Armando Guzman and Hector J. Altuve, ”*Dinamic Simulation Help Improve Generator Protection*”. Schweitzer engineering laboratories, Inc.
- Omer Usta, M. H. Musa, M. Bayrak and M. A. Redfern, ” *A New Relaying Algorithm to Detect Loss of Excitation of Synchronous Generators*, ” Turk J Elec Engin, Vol.15, No.3 - 2007, @ TUBITAK

M.J. D'Antonio, R.A. Lawson, A. Murdoch,  
and G.E. Boukarim," *Generator Over  
Excitation Capability and Excitation System  
Limiters*," Power Systems Energy Consulting.

GE – Industrial Systems

Hans-Joachim Herrmann," *Underexcitation  
Protection based on Admittance  
Measurement – Excellent  
Adaptation on Generator Capability  
Curves*.

Djiteng Marsudi,"Operasi sistem tenaga  
listrik". Graha Ilmu edisi kedua  
2006.

Sulasno. " *Analisa Sistem Tenaga Listrik* ".  
Satya Wacana Semarang 1993

Mauridhi Hery Purnomo dan Agus  
kurniawan," *Supervised neural  
networks*", Graha ilmu. 2006

**\*Sumber Non-elektronik:**

**Buku**

Arhan. M., 2005, *Buku-konsep Kecerdasan  
buatan*: Penerbit ANDI, Yogyakarta