ANALISIS PERAMALAN BEBAN PUNCAK LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERANCE SYSTEM* (ANFIS) DENGAN PEMBEBANAN PADA TRANSFORMATOR

(Studi Kasus: GI Duri Feeder Mandau)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi

UIN SUSKA RIAU

oleh:

RYANDIKA MULIA

11755101885

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023

©Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PERAMALAN BEBAN PUNCAK LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERANCE SYSTEM* (ANFIS) DENGAN PEMBEBANAN PADA TRANSFORMATOR

(Studi Kasus: GI Duri Feeder Mandau)

TUGAS AKHIR

Oleh:

RYANDIKA MULIA
11755101885

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 18 Januari 2023

Ketua Program Studi	Pembimbing
Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T	**Dr. Liliana, S.T., M. Eng**
NIP. 19721021 200604 2 001	**NIP. 19781012 200312 2 004**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERAMALAN BEBAN PUNCAK LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERANCE SYSTEM* (ANFIS) DENGAN PEMBEBANAN PADA TRANSFORMATOR

(Studi Kasus: GI Duri Feeder Mandau)

TUGAS AKHIR

Oleh:

RYANDIKA MULIA
11755101885

Telah dipertahankan di depan sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 18 Januari 2023

Pekanbaru, 18 Januari 2023

Mengesahkan,

Dekan	Ketua Program Studi
Dr. Hariono, M.Pd.	**Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**
NIP. 19640301 199203 1 003	**NIP. 19721021 200604 2 001**

DEWAN PENGUJI

Ketua	**: Sutoyo, S.T., M.T**
Sekretaris	**: Dr. Liliana, ST., M.Eng**
Anggota I	**: Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T**
Anggota II	**: Novi Gusnita, ST., MT**

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau serta terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi keputusan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggunaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lampiran Surat :
Nomor : Nomor 25/2021
Tanggal : 18 Januari 2023

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ryandika Mulia

NIM : 11755101885

Tempat/Tgl. Lahir : Duri, 17 Juni 1999

Fakultas/ Pascasarjana: Sains dan Teknologi

Program Studi : Teknik Elektro

Judul ~~Disertasi~~/ ~~Thesis~~/ Skripsi/ ~~Karya Ilmiah lainnya~~*:

Analisis Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inferance System* (ANFIS) dengan Pembebanan pada Transformator

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulis ~~Disertasi~~/ ~~Thesis~~/ Skripsi/ ~~Karya Ilmiah lainnya~~* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu ~~Disertasi~~/ ~~Thesis~~/ Skripsi/ ~~Karya Ilmiah lainnya~~* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan ~~Disertasi~~/ ~~Thesis~~/ Skripsi/ ~~Karya Ilmiah lainnya~~* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 18 Januari 2023

ng membuat pernyataan,

METERAI TEMPEL

153AKX103080748

YANDIKA MULIA

NIM. 11755101885

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahirabbil 'alamin
Bersyukur hamba hanya kepada-Mu Ya Allah
Yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Mu kepada hamba
Sujud syukur hanya kepada-Mu yang melimpahkan karunia ini
Semoga ini akan menjadi karunia yang penuh Ridho-Mu dalam hidup hamba dan keluarga yang hamba cintai...

Catatan ini kupersembahkan teruntuk Ayahanda dan Ibunda tercinta
Ayah… Ibu…
Luar biasa kesabaran dan cintamu padaku
Luar biasa pengorbanan padaku... Luar biasa semua yang telah kau lakukan untukku
Betapa beruntungnya aku lahir darimu
Dibesarkan dan dijaga olehmu..Jika bukan karenamu
tak akan bisa aku seperti iniBerdiri tegar sampai hari ini
Ayah..Ibu..
Ketika badan terasa penat, jalan terasa buntu, hanya kasih sayang dan pengorbananmu yang membuat ananda bangkit lagi
Ananda tak ingin lagi melihat kekecawaan dan kesedihan di wajahmu
Semua ini untukmu, Ananda tidak akan bias mencapainya tanpa sokonganmu
Sekalipun kukumpulkan banyak uang, tak akan terbayar jasamu
Sekalipun kukorbankan seluruh kehidupanku, tak tertandingi dengan jasamu
Sekalipun seluruh dunia kuserahkan dibawah kakimu, tak tersaingi cintamu
tak akan sebanding apa yang bisa kuberikan dengan apa yang telah kau berikan
Ayahanda tercinta..
Jika suatu saat nanti engkau lelah, bersandarlah dibahuku
Jika suatu saat nanti langkah mu semakin lemah, Melangkahlah disampingku
dan pegang erat tanganku..Jika suatu saat nanti engkau ingin menangis
peluklah erat tubuhku.. Jika suatu saat engkau bosan berceritalah bersamaku
Ibunda tercinta..
Tiada hal terindah dalam hidupku Ketika aku mempersembahkan
Sebuah kado kecil untukmu kado terindah yang engkau rajut sendiri dengan benang emas sewaktu aku masih dalam kandunganmu
sampai aku mengerti arti hidupku selama ini indah jika kujalani bersamamu
Dan insya Allah engkau pasti bahagia jika melihat kesuksesan anak bungsumu ini

Ya Allah..
Terima kasih untuk ayah dan ibu yang telah Kau beri
Terima kasih juga ku ucapkan untuk orang-orang yang selalu membantu dalam suka duka ku

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

ANALISIS PERAMALAN BEBAN PUNCAK LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODE *ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERANCE SYSTEM* (ANFIS) DENGAN PEMBEBANAN PADA TRANSFORMATOR

(Studi Kasus: GI Duri Feeder Mandau)

RYANDIKA MULIA

NIM: 11755101885

Tanggal Sidang : 18 Januari 2023

Tanggal Wisuda :

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Panam, Pekanbaru

ABSTRAK

Feeder mandau GI Duri disuplai dari trafo unit 2 mengalami kurangnya energi listrik untuk memenuhi beban, akibatnya terjadi pemadaman lokal pada malam hari. Tujuan penelitian mengetahui nilai peramalan beban, pembebanan trafo, dan susut umur trafo. Metode yang digunakan adalah *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS). Hasil dari peramalan beban dengan metode ANFIS untuk 6 bulan mendatang tahun 2023 sebesar 42,67 MW. Untuk pembebanan tahun 2021 sebesar 29,43%, tahun 2022 sebesar 36,35%, tahun 2023 sebesar 72,1%. Sisa umur transformator unit 2 GI Duri, didapatkan pada tahun 2021 sisa umur trafo 16,45 tahun, 2022 sebesar 15,39 tahun dan untuk 2023 sebesar 10,36 tahun. Untuk trafo sendiri tidak perlu dilakukan uprating karena masih dalam batas optimal < 80%.

Kata kunci: Peramalan, ANFIS, susut umur, transformator

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

SHORT TERM PEAK LOAD FORECASTING ANALYSIS USING ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERANCE SYSTEM (ANFIS) METHOD WITH LOADING ON TRANSFORMERS

(Case Study: GI Duri Feeder Mandau)

RYANDIKA MULIA

NIM: 11755101885

Date of Final Exam : 18 January 2023

Date of Graduation Ceremony :

Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

Feeder mandau GI Duri supplied from transformer unit 2 experienced a lack of electrical energy to meet the load, resulting in local blackouts at night. The aim of this research is to know the value of forecasting load, transformer loading, and transformer life loss. The method used is adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS). The results of the load forecasting using the ANFIS method for the next 6 months in 2023 are 42.67 MW. For 2021, it will be 29.43%, 36.35% for 2022, 72.1% for 2023. The remaining life of the transformer unit 2 GI Duri, obtained in 2021 the remaining life of the transformer is 16.45 years, 15.39 years for 2022 and 10.36 years for 2023. For the transformer itself, there is no need for uprating because it is still within the optimal limit of <80%.

***Keywords**: Forecasting, ANFIS, loss of life, transformer*

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "**Analisis Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan Pembebanan pada Traformator di Gardu Induk Duri Penyulang (*Feeder*) Mandau**".

Dengan melewati proses bimbingan dan pengarahan dari orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Dan sudah menjadi kewajiban bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesarbesarnya kepada :

1. Papa, Mama, Kakak dan Adik tercinta yang telah memberikan semangat, dukungan moril maupun materil dan doa kepada penulis serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M.Ag selaku Rektor UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau sekaligus penguji siding tugas akhir penulis.
5. Bapak Sutoyo, S.T., M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau sekaligus ketua siding tugas akhir penulis.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Bapak Jufrizel, S.T., M.T selaku dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis.
7. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir ini.
8. Ibu Novi Gusnita, S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.
9. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman ALFAJAR yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 18 Januari 2023
Penulis,

Ryandika Mulia
NIM. 11755101885

UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL ..... **iv**
LEMBAR PERNYATAAN ..... **v**
LEMBAR PERSEMBAHAN ..... **vi**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
KATA PENGANTAR ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
DAFTAR TABEL ..... **xv**
DAFTAR RUMUS ..... **xvi**
DAFTAR LAMBANG ..... **xvii**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xviii**
BAB I **I-1**
PENDAHULUAN **I-1**
1.1 Latar Belakang I-1
1.2 Rumusan Masalah I-5
1.3 Tujuan Penelitian I-5
1.4 Batasan Masalah I-5
1.5 Manfaat Penelitian I-5
BAB II **II-1**
TINJAUAN PUSTAKA **II-1**
2.1 Penelitian Terkait II-1
2.2 Jaringan Distribusi II-4
2.2.1 Gardu Induk II-4
2.3 Tranformator II-4
2.3.1 Jenis-Jenis Transformator II-5
2.4 Peramalan (*Forecasting*) II-6
2.4.1 Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) II-7
2.5 Pembebanan Transformator II-12

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.6 Susut Umur Transformator II-13
2.7 *Uprating* Transformator II-15
BAB III III-1
METODE PENELITIAN III-1
3.1 Jenis Penelitian III-1
3.2 Lokasi Penelitian III-1
3.3 Tahapan Penelitian III-1
3.4 Studi Literatur III-2
3.5 Prosedur Penelitian III-3
3.6 Data Penelitian III-3
3.7 Peramalan Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) III-6
3.7.1 Normarilasi Data Beban III-6
3.7.2 Pembagian Data III-6
3.7.3 Pelatihan Jaringan III-7
3.7.4 Denormalisasi Data Beban III-7
3.7.5 Peramalan Beban III-7
3.8 Menghitung Kapasitas Pembebanan Transformator III-8
3.9 Menghitung Umur Transformator III-8
3.9.1 Ratio Pembebanan III-9
3.9.2 Perbandingan Rugi- rugi Daya Transformator III-9
3.9.3 Temperatur *Top Oil* Kondisi Beban Stabil III-9
3.9.4 Selisih Temperatur *Hot Spot* dengan *Top Oil* III-9
3.9.5 Temperatur *Hot Spot* III-9
3.9.6 Faktor Penuaan atau Laju Perubahan Umur Transformator III-9
3.9.7 Susut Umur Transformator III-10
3.9.8 Perkiraan Umur Transformator III-10
3.10 Kemampuan Transformator dalam Memenuhi Kebutuhan Beban di Masa Mendatang III-10
3.11 Hasil dan Analisa III-10
BAB IV IV-1
PEMBAHASAN IV-1
4.1 Peramalan Beban Puncak dengan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) IV-1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

4.1.1 Normalisasi Data Input IV-1
4.1.2 Pembagian Data Input IV-3
4.1.3 Pelatihan Jaringan IV-5
4.1.4 Denormalisasi Data Keluaran IV-8
4.1.5 Peramalan Beban Puncak 6 Bulan Mendatang IV-10
4.1.6 Hasil dan Anlisa Peramalan Beban dengan Metode ANFIS IV-11
4.2 Menghitung Kapasitas Pembebanan Transformator IV-12
4.2.1 Hasil dan Analisa Kapasitas Pembebanan Transformator IV-13
4.3 Menghitung Umur Transformator IV-13
4.3.1 Menghitung Ratio Pembebanan Transformator IV-14
4.3.2 Menghitung Perbandingan Rugi-rugi Daya Transformator IV-14
4.3.3 Menghitung Temperatur Top Oil Kondisi Beban Stabil IV-15
4.3.4 Menghitung Selisih Temperatur Hot Spot dengan Top Oil IV-15
4.3.5 Menghitung Temperatur *Hot Spot* IV-16
4.3.6 Menghitung Faktor Penuaan Transformator IV-16
4.3.7 Menghitung Susut Umur Transformator IV-17
4.3.8 Menghitung Perkiraan Umur Transformator IV-17
4.3.9 Hasil dan Analisa Kondisi Umur Transformator IV-18
4.4 Hasil dan Analisa Kemampuan Transformator dalam Memenuhi Kebutuhan Beban dimasa Mendatang IV-18
BAB V V-1
PENUTUP V-1
5.1 Kesimpulan V-1
5.2 Saran V-1
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN A
LAMPIRAN B
LAMPIRAN C
LAMPIRAN D
RIWAYAT HIDUP PENULIS

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

2. 1 Arsitektur ANFIS II-8
2. 2 Tahap Load Data Training..... II-10
2. 3 Tahap Menentukan Jumlah dan Jenis Fungsi Keanggotaan II-11
3.1 Diagram Alur Penelitian III-2
3. 2 Diagram Pelatihan Jaringan III-8
3. 3 Diagram Kemampuan Transformator *Uprating* Transformator III-10
4. 1 *Tools Bar Variable* IV-5
4. 2 Data yang Sudah di Inputkan..... IV-5
4. 3 Perintah *Tools* ANFIS IV-6
4. 4 *Tools* ANFIS untuk Pelatihan Jaringan IV-6
4. 5 *Training Error* IV-7
4. 6 Nilai *Error* RSME IV-7
4. 7 *Testing* Data IV-7
4. 8 Peramalan *Training* IV-8
4. 9 Grafik Hasil Perhitungan Pembebanan Transformator IV-13
4. 10 Grafik Sisa Umur Transformator..... IV-18
4. 11 Grafik Kemampuan Transformator dalam Memenuhi Kebutuhan Beban IV-18

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

2. 1 Kategori MAPE II-12
3. 1 Data Beban Puncak 2021 ..... III-4
3. 2 Data Beban Puncak 2022 ..... III-5
3. 3 Spesifikasi Transformator Unit 2 GI Duri III-6
4. 1 Data Input Sebelum di Normalisasi IV-1
4. 2 Data Input Setelah di Normalisasi IV-2
4. 3 Data *Training* IV-4
4. 4 Data *Testing* IV-4
4. 5 Data Validasi IV-4
4. 6 Peramalan Bulan Juni untuk Training Jaringan IV-9
4. 7 Data Input Peramalan Bulan Januari 2023 ..... IV-10
4. 8 Hasil Peramalan Beban Puncak dengan Metode ANFIS IV-11
4. 9 Data Tahunan GI Duri IV-12
4. 10 Hasil Perhitungan Pembebanan Transformator Unit 2 ..... IV-13
4. 11 Hasil Perhitungan Variabel untuk Menentukan Susut Umur Transformator IV-16
4. 12 Hasil Perhitungan Kondisi Umur Transformator IV-18

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RUMUS

Persamaan **Halaman**

2.1 Normalisasi Data II-9

2.2 *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) II-11

2.3 Denormalisasi Data II-12

2.4 Ratio Pembebanan II-12

2.5 Daya Semu II-13

2.6 Temperatur *Hot Spot* II-13

2.7 Selisih Kenaikan Temperatur *Hot Spot* dengan *Top Oil* II-14

2.8 Kenaikkan Temperatur *Top Oil* untuk Kondisi Beban Stabil II-14

2.9 Perbandingan Rugi-rugi Daya II-14

2.10 Faktor Penuaan atau Laju Perubahan Umur Transformator II-14

2.11 Susut Umur Transformator II-14

2.12 Perkiraan Umur Transformator II-15

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMBANG

X' = Nilai Hasil Normalisasi
x = Nilai yang akan Dinormalisasi
b = Nilai Minimum Data
a = Nilai Maksimum Data
z = Nilai yang akan Didenormalisasi
n = Jumlah Seluruh Input Data
Yt = Data Aktual pada Periode Waktu (t)
$Y't$ = Hasil Peramalan Periode t
K = Ratio Pembebanan
S = Daya Semu
Sr = Kapasitas Transformator
P = Daya Aktif
Q = Daya Reaktif
° = Derajat
Δ = Delta
θ = Theta
d = Perbandingan Rugi
V = Faktor Penuaan
L = Susut Umur

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

GI	= Gardu Induk
PLN	= Perusahaan Listrik Negara
ANFIS	= *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*
MAPE	= *Mean Absolute Percentage Error*
RSME	= *Root Mean Squared Error*
IEC	= *International Electrotechnical Commission*
ONAN	= *Oil Natural Air Natural*
ONAF	= *Oil Natural Air Force*

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik Indonesia mengalami peningkatan tiap tahunnya, hal itu disebabkan karena terjadi pertumbuhan pada semua sektor kehidupan manusia pada era modern ini. Salah satu penyebab lainnya adalah pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan teknologi yang menyebabkan kebutuhan energi listrik terus meningkat. Peningkatan kebutuhan tersebut harus berbanding lurus dengan kemampuan penyediaan energi listrik, sehingga kebutuhan energi listrik Indonesia dapat dipenuhi [1].

Diketahui bahwa PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero adalah salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang mana berdasarkan sisi rakyat, BUMN merupakan instrumen yg krusial menjadi penyedia layanan yang cepat, murah, dan efisien. Pihak penyedia energi listrik selalu berupaya akan terus memperbaharui kinerja untuk memberikan kontribusi pelayanan yang semakin optimal, kemudian dimata rakyat akan selalu berdampak baik dan menaruh pelayanan yang baik sehingga pelanggan terpuaskan. Ketersedian tenaga listrik adalah aspek yang sangat krusial bahkan adalah suatu parameter untuk mendukung keberhasilan pembangunan suatu daerah [2].

Diperlukan suatu perencanaan dalam memenuhi listrik yang akan didistribusikan oleh PLN untuk mengurangi terjadinya pemadaman lokal dan pembebanan pada trafo yang berlebihan. Dapat dilakukan perkiraan atau peramalan untuk permintaan energi listrik di masa yang akan datang guna mengoptimalkan kebutuhan energi listrik. Perkiraan beban listrik juga memainkan peran penting untuk melihat kontrol waktu nyata agar menjaga keseimbangan sistem sehingga terciptanya manajemen sumber daya energi yang baik [3].

Memenuhi kebutuhan energi listrik, PT. PLN Persero Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru secara berkesinambungan menyediakan dan mengembangkan sistem tenaga listrik, salah satunya yaitu mengoperasikan Gardu Induk (GI) Duri yang mana berfungsi untuk melayani kelistrikan di Provinsi Riau. Gardu Induk (GI) Duri ini merupakan salah satu sistem transmisi tenaga listrik yang ada di daerah Riau [4], tepatnya di Jalan Rejo Sari, Desa Petani Km. 12, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis. Sumber energi listriknya berasal dari Balai Pungut kerena adanya Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Balai Pungut dengan kapasitas 3x25 MW, Gardu Induk ini dirancang dengan sistem

penyalur saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV yang mendukung jaringan transmisi, distribusi hingga ke konsumen.

Gardu Induk (GI) Duri memiliki 13 *feeder* yang masing-masing terhubung untuk setiap daerah di Duri. Kemudian dengan beberapa *feeder* yang dimiliki Gardu induk ini salah satunya yaitu *feeder* 1 aliran listriknya menuju ke Mandau yang merupakan salah satu daerah di Duri yang mengalami peningkatan beban puncak yang signifikan [5]. Oleh karena itu diperlukannya peramalan beban, dikarenakan makin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin banyak pula beban listrik yang akan ditanggung oleh Gardu Induk (GI). Jika beban listrik yangg ditanggung oleh Gardu Induk (GI) lebih banyak dari kapasitasnya maka Gardu Induk (GI) akan mengalami *overload* yang menyebabkan suplai listrik ke konsumen terhenti, sebagai akibatnya dibutuhkan prakiraan beban listrik untuk yang akan datang [6]. Maka dari itu, diperlukan metode yang cocok untuk melakukan peramalan atau perkiraan beban di Gardu Induk (GI) Duri khususnya beban puncak untuk *feeder* 1 atau penyulang Mandau.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Boy Saputra selaku Supervisor Gardu Induk (GI) Duri, mengatakan bahwa dari 11 *feeder* yang ada di GI ini khusus pada penyulang atau *feeder* Mandau mengalami kurangnya energi listrik untuk memenuhi beban, akibatnya terjadi pemadaman lokal pada malam hari. Hal ini dapat terjadi karena pada daerah Duri terutama *feeder* Mandau memiliki penduduk yang banyak dari *feeder* lainnya, dimana diketahui pertumbuhan energi listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk, sehingga saat masuk beban puncak energi listrik yang tersedia tidak dapat memenuhi beban yang ada.

Untuk GI Duri sendiri memiliki 2 unit trafo yaitu trafo 1 dan trafo 2. Trafo 2 memiliki kapasitas daya terpasang 60 MVA yang dibagi sama rata ke 3 *feeder* sebagai tugasnya salah satunya *feeder* Mandau. Diketahui untuk batas optimal pembebanan transformator sebesar 60-80% dan >80% beban berat [7]. Perhitungan yang dilakukan menghasilkan pembebanam trafo yang terjadi salah satunya pada tahun 2021 sebesar 36,35 % masih dalam batas optimal, tetapi hampir menyentuh batas pembebanan berat pada trafo. Penting menjadi pertimbangan untuk pihak GI Duri agar melakukan penambahan kapasitas pembebanan trafo kerena peningkatan tersebut menyebabkan *over* kapasitas pembebanan, apalagi dimasa yang akan datang penggunaan energi listrik pastinya semakin berkembang.

Sebagai landasan untuk perencanaan, baik itu perencanaan operasi ataupun perencanaan sistem pengembangan tenaga listrik, dari banyaknya hal yang mempengaruhi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

ada salah satu hal yang paling penting yaitu peramalan (*forecasting*) yang tepat agar dapat mengetahui kebutuhan tenaga listrik dalam kurun waktu tertentu [6]. Perlu dilakukannya peramalan beban listrik untuk waktu selanjutnya yaitu, sebagai upaya agar membantu pihak penyalur energi listrik atau PLN dalam merancang perencanaan distribusi yang tepat dan baik [8].

Proses peramalan atau perkiraan beban memang harus disadari bahwa sering terjadi ketidakakuratan dalam memprediksi, tetapi peramalan beban ini masih sangat perlu dilakukan bahwa diketahui setiap perancanaan dan keputusan harus tetap diambil yang nantinya akan mempengaruhi langkah-langkah kebijakan untuk masa mendatang [9]. Penyesuaian atau kendali antara produksi dan kebutuhan energi listrik akan sangat penting dikarenakan jumlah konsumen atau pelanggan yang banyak sehingga mempengaruhi karakteristik beban puncak yang beragam setiap harinya [10].

Peramalan atau perkiraan beban itu sendiri merupakan suatu ilmu untuk memprediksi besarnya beban (daya aktif) aktual di masa mendatang. Untuk merencanakan dan mengoperasikan aplikasi peramalan atau perkiraan beban listrik ini memerlukan jangka waktu tertentu, yang biasanya dikatakan dengan interval peramalan atau perkiraan [11]. Beban yang akan diramalkan memiliki jangka waktu tertentu yang disinkronkan dengan kebutuhan peramalan. Peramalan atau perkiraan beban listrik bertujuan agar dapat mengetahui pola beban dengan cara mengolah data historis beban listrik yang direpresentasikan dalam bentuk kurva beban harian. Kemudian tujuan utama melakukan peramalan atau perkiraan beban yaitu untuk mencegah terjadinya kenaikan atau penurunan kebutuhan listrik secara tiba-tiba [10].

Peramalan atau perkiraan beban listrik memiliki peran penting untuk menjaga keseimbangan suatu sistem yang lebih mengacu pada *real-time control* supaya terbentuknya manajemen sumberdaya energi listrik yang aman [12], sehingga memprediksi beban listrik ini berdampak besar dalam pengoperasian sistem tenaga listrik yang dimulai dari aspek perencanaan pembangkit, analisa aliran daya, unit *comitment*, dan operasi ekonomis sistem tenaga [13]. Peramalan yang ada pada sistem tenaga listrik yaitu berupa peramalan beban ataupun disebut *load forecasting* yang memiliki beberapa macam bentuk peramalan seperti, peramalan beban puncak (MW) serta *demand forecasting* atau peramalan permintaan energi listrik (MWh). Dan untuk peramalan yang berdasarkan satuan periode waktu dikelompokkan sebagai peramalan jangka pendek, peramalan jangka menengah dan peramalan jangka panjang [14]. Untuk melakukan peramalan ada beberapa metode yang dapat dilakukan sebagai peramalan beban listrik, yaitu metode logika *fuzzy*,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

fuzzy regresi, *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS), *auto regressive integrated moving average* (ARIMA), *smoothing*, *Box-Jenkins*, ekonometrika, regresi, fungsi transfer dan sebagainya [12][15].

Penelitian-penelitian mengenai peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*) ini telah banyak dilakukan sebelumnya, seperti penelitian sebelumnya telah melakukan perhitungan dalam peramalan beban secara manual untuk mendapatkan nilai beban dimasa yang akan datang [10][11]. Penelitian lainnya dalam melakukan *load forecasting*, menyimpulkan bahwa peramalan atau perkiraan beban dengan data histori beban yang didapat, bisa dilakukan perhitungan dalam peramalan atau perkiraan beban dan dapat disimulasikan menggunakan program pada aplikasi MATLAB R2018a [12][13][14].

Penelitian-penelitian terkait tersebut dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*) dengan metode yang tepat agar pihak penyuplai energi listrik bisa mempersiapkan energi yang akan disuplai ke konsumen dan dapat memenuhi kebutuhan beban yang ada, sehingga dapat menggurangi pemadaman listrik dan memberikan dampak baik bagi pihak penyuplai enegi listrik karena konsumen merasakan kepuasan dalam berlangganan. Tentu perlu adanya perhatian yang serius dalam melakukan peramalan perkiraan beban ini.

Pada penelitian ini untuk melakukan peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*) dalam membantu keandalan dalam menyuplai energi listrik untuk memenuhi kebutuhan beban, sehingga berkurangnya pemadaman lokal yaitu menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), yang mana metode ini menggunakan aplikasi MATLAB R2018a. Dimana untuk peramalan ini tentunya membutuhkan data histori beban listrik yang didapatkan pada Gardu Induk (GI) Duri khususnya data beban pada *feeder* Mandau.

Pengembangan penelitian ini dalam melakukan peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*) ini menggunakan metode ANFIS yang memiliki 8 fungsi keanggotaan yang membantu dalam mendapatkan nilai peramalan beban yang lebih akurat dengan menggunakan aplikasi MATLAB R2018a, maka dalam penelitian ini penulis akan menyusun dan mengambil sebuah judul **"Analisis Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan Pembebanan pada Transformator di Gardu Induk Duri Penyulang (*Feeder*) Mandau"**.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisis peramalan beban menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)?
2. Apakah kapasitas transformator masih memenuhi kebutuhan beban?
3. Bagaimana menganalisis sisa umur transformator dengan pembebanan yang terjadi?
4. Bagaimana *menguprating* kapasitas transformator di *feeder* Mandau?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis nilai beban dari peramalan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)
2. Menganailsis kapasitas transformator dalam memenuhi kebutuhan pembebanan
3. Menganalisis sisa umur transformator dengan pembebanan yang terjadi
4. Menganalasis kemampuan transformator dalam melayani kebutuhan beban 6 bulan yang akan datang.

1.4 Batasan Masalah

1. Fungsi keanggotaan pada metode ANFIS yang akan digunakan adalah yang memiliki *error* MAPE paling kecil setelah dilakukannya test
2. Penelitian ini lebih membahas peramalan beban puncak menggunakan metode ANFIS yang hasil simulasi peramalan didapatkan menggunakan aplikasi MATLAB
3. Penelitian membahas transformator unit 2 di Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru, Gardu Induk Duri.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*) yang sesuai untuk PT. PLN Persero Gardu Induk Duri
2. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi masukkan atau referensi dalam melakukan perkiraan beban puncak dimasa akan datang di Gardu Induk Duri sehingga berkuranggnya pemadaman lokal
3. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan acuan atau sumber data untuk melakukan peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*) pada PT. PLN Persero Gardu Induk lainnya.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Sultan Syarif Kasim Riau

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Hal pertama dalam melaksanakan penelitian diperlukan riset literatur yang bertujuan untuk menemukan referensi dari sumber-sumber yang relevan dengan riset yang akan dilakukan, referensi untuk penelitian bersumber dari jurnal, *paper*, buku ataupun informasi berita yang berhubungan dengan penelitian ini.

Dalam penelitian ini beberapa sumber referensi yang dapat peneliti rangkum pada peramalan atau perkiraan beban (*load forecasting*), penelitian yang dilakukan mengenai "Analisa Peramalan Beban Listrik di Rsup. Dr. M. Djamil Padang Sampai Tahun 2029". Riset ini tujuannya adalah untuk menjelaskan cara penggunaan metode ARIMA untuk memperkirakan beban konsumsi listrik jangka pendek, dan untuk mengetahui seberapa akurat metode ARIMA digunakan dan berapa banyak listrik yang digunakan di RSUP. Dr. M. Djamil Padang menjadikan hal tersebut sebagai bahan pertimbangan bagi RSUP di masa yang akan datang. Dr. M. Djamil Padang menentukan tenaga ekstra prakiraan pemakaian listrik total RSUP berdasarkan pemakaian MWh. Diperkirakan pada tahun 2029 konsumsi listrik M. Djamil Padang akan meningkat rata-rata 9,547% per bulan selama satu dekade terakhir [1].

Penelitian terkait yang kedua yaitu mengenai "Analisis Peramalan Beban Transformator Jaringan Distribusi Pada PT. PLN ULP Ambulu Penyulang Jatimulyo Menggunakan Metode Regresi Linier". Studi kasus riset ini dilakukan diwilayah PT. PLN ULP Ambulu Jatimulyo. Riset ini bertujuan untuk merawat sistem transformator, sehingga terpenuhi kebutuhan energi listrik dimasa yang akan datang. Metode yang digunakan merupakan metode regresi linier. Hasil dari riset ini beban puncak pada trafo distribusi dapat menjadi salah satu pertimbangan untuk mengupgrade atau mengganti trafo baru. Jika beban lebih tinggi dari 80%, trafo akan kelebihan beban/kelebihan beban, sehingga kinerja trafo kurang optimal [7].

Penelitian terkait yang ketiga yaitu mengenai "Peramalan Beban Puncak Menggunakan *Metode Feed Forward Backpropagation* Dan *Generalized Regression Neural Network*". Studi kasus riset ini dilakukan di wilayah PT. PLN Rayon Kota Batu. Riset ini bertujuan untuk melakukan peramalan beban puncak listrik dengan perbandingan metode perkiraan. Metode yang digunakan merupakan metode *Feed Forward*

Backpropagation dan *Generalized Regression Neural Network* (FFBNN). Hasil dari riset ini prakiraan beban puncak mendekati nilai beban aktual dan hasil terbaik adalah pada pukul 18.00-18.59, dimana nilai tampilan beban aktual adalah 52.2MW. Nilai 49.7MW yang diperoleh dengan menggunakan metode FFBNN untuk memprediksi fungsi GDM memiliki perbedaan sebesar 2.5MW atau persentase error sebesar 04,84%. Untuk metode GRNN ditampilkan pada pukul 16.00-16.59, dimana nilai beban aktual 49,3 MW, hasil prediksi 47,3 MW, selisih 2 MW, dan persentase error 4,02%. Untuk metode FFBNN fungsi pelatihan CGF, hasil prediksi beban puncak dengan error terbesar pada pukul 22.00-20.59 adalah beban sebenarnya sebesar 52.1MW, hasil prediksi sebesar 38.6MW, dan selisih sebesar 13.5MW atau persentase error sebesar 25.83 %. Metode GRNN adalah 20.00-20.59, nilai beban aktual 54,4MW, hasil prediksi 47,3MW, selisih 7,1MW, dan tingkat kesalahan 12,98%. [14].

Penelitian terkait yang keempat yaitu mengenai "Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode *Feed Forward Backpropagation Neural Network*". Riset ini bertujuan untuk memperbandingan metode dalam melakukan peramalan beban. Metode yang digunakan adalah metode jaringan syaraf tiruan *feedforward backpropagation* dan jaringan syaraf regresi umum. Hasil dari penelitian ini adalah prakiraan jangka pendek untuk unit PLN di Pontianak, Kalimantan Barat menggunakan pendekatan jaringan saraf tiruan *feedforward backpropagation* dan pendekatan *generalized regression neural network* (GRNN), dimana beban prediksi sama dengan target pengujian 3 Mei 2007, dan metode jaringan syaraf tiruan *feed-forward back-propagation* pada 05.00 dengan nilai beban aktual yang terdapat pada fungsi pelatihan traincgf mendekati hasil prediksi sebesar 0,1 MW atau 0,08%, dan perbedaan hasil prediksi beban yang sangat besar untuk *feed-forward back-propagation neural network* jaringan menggunakan fungsi pelatihan traincgp pada pukul 21.00, dimana beban aktual adalah 107,7 MW dan prediksi menggunakan fungsi pelatihan traincgp adalah 59,4 MW atau 55,14%. Nilai MAPE dengan hasil peramalan terbaik terdapat pada *metode feed forward backpropagation neural network* dengan fungsi pelatihan traincgf di mana nilai MAPE-nya mendekati nilai beban *real* yaitu sebesar 2,52% [15].

Penelitian terkait yang kelima yaitu mengenai "Peramalan Beban Listrik yang Tersambung pada Penyulang PT PLN (Persero) ULP Tanggul Tahun 2020-2024 Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)". Riset ini bertujuan membantu pihak penyalur energi listrik dalam merancang perencanaan pendistribusian listrik kedepannya. Studi kasus riset ini dilakukan di penyulang PT. PLN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

(Persero) ULP Tanggul. Metode yang digunakan dalam melakukan peramalan yaitu metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), kemudian untuk parameter yang digunakan pada pelatihan jaringan ANFIS adalah *Root Mean Squared Error* (RMSE). Hasil dari riset dapat dilihat bahwa hasil pengujian prediksi beban yang terhubung ke ULP Tanggul PT PLN (Persero) tahun 2018 dan 2019 menghasilkan nilai kesalahan MAPE yang sangat kecil yaitu 0,0000158672%. Nilai kesalahan MAPE <10%, bisa dikatakan sangat baik [16].

Penelitian terkait yang keenam yaitu mengenai "Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya Di Gardu Induk Lambaro". Riset ini bertujuan untuk menganalisis nilai temperatur Hot Spot transformator daya di Gardu Induk Lambaro kemudian membandingkan dengan nilai yang telah ditargetkan PLN serta mendapatkan besar susut umur dari transformator dengan menggunakan metode IEC354 tahun 1972. Metode yang digunakan pada penelitian peramalan beban listrik ini adalah *montsinger*. Hasil dari riset ini dari tiga perhitungan untuk pembebanan 100%, 90% dan 80% dimana pada pembebanan 100% diperoleh susut umur 1,70 jam/hari, pembebanan 90% diperoleh susut umur 0,53 jam/hari dan pembebanan 80% diperoleh susut umur 0,18 jam/hari. Untuk nilai akhir Hot Spot dari transformator saat ONAN adalah 71,80ºC-92,74ºC, sedangkan saat ONAF adalah 60,44ºC-66,63ºC. Dimana kondisi ini cukup aman untuk beroperasi karena masih di bawah batas nilai maksimum yang ditetapkan PLN yaitu 98ºC. Apabila keadaan ini dapat terus dipertahankan masa guna transformator akan lebih optimal [17].

Penelitian terkait yang ketujuh yaitu mengenai "Analisis Dampak Overload Transformator terhadap Kualitas Daya Gardu K622 Penyulang Pelangi PP. PLN (Persero) ULP Karang". Riset ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas transformator dengan melakukan *uprating*. Metode *uprating* transformator. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sisa umur pakai transformator distribusi yang terbebani diatas 80% dari kapasitas transformator pada penyulang Karpan I kota Ambon, Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan didapatkan nilai persentase pembebanan Trafo sebelum dilakukan *Uprating* Trafo yaitu 110,16% dan setelah dilakukan *Uprating* Trafo yaitu 26,38%, sehingga mengalami penurunan sebanyak 83,78% [18].

Penelitian ini yaitu melakukan peramalan atau perkiraan beban puncak jangka pendek yang terjadi pada *feeder* mandau karena terjadinya *overload* di malam hari. Metode yang digunakan adalah *adaptive neuro fuzzy inference system* (ANFIS), merujuk pada

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

penelitian terkait [16][19]. Dengan terjadinya *overload*, maka perlu dilakukan perhitungan pembebanan pada trafo sehingga menggetahui apakah kerja trafo masih optimal atau tidak, perhitungan ini merujuk penelitian [7] kemudian juga menghitung susut umur pada transformator [17]. Penelitian sebelumnya memang sudah banyak melakukan peramalan beban menggunakan metode ANFIS hanya saja sebatas melakukan peramalan, untuk penelitian ini tidak hanya melakukan peramalan beban saja, tetapi juga menghitung pembebanan dan susut umur yang terjadi pada transformator dimana ini menjadi pengembangan dari penelitian ini.

2.2 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu sistem yang menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit listrik sesuai dengan tingkat tegangan yang dibutuhkan, dan umumnya terdiri dari beberapa sumber tenaga listrik yang ada. Salah satu perangkat terpenting dalam pengoperasian sistem tenaga adalah transformator. Jaringan distribusi terdiri dari dua bagian, bagian pertama jaringan tegangan menengah (JTM) yang memiliki tiga fasa tiga atau empat kabel. Jaringan distribusi primer terletak di antara gardu induk dan trafo distribusi. Jaringan kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan 380/220 volt [20].

2.2.1 Gardu Induk

Gardu Induk sebagai salah satu komponen dalam sistem distribusi daya, dimana memainkan peran yang sangat penting karena merupakan penghubung untuk layanan energi listrik ke konsumen. Gardu induk berfungsi sebagai berikut [21]:

1. Menerima dan mendistribusikan daya sesuai dengan kebutuhan pada tegangan tertentu dengan aman dan terpercaya.
2. Penyaluran daya ke gardu induk lainnya dan gardu – gardu distribusi melalui penyulang tegangan menengah.

Gardu induk terbagi menjadi 2 jenis berdasarkan pemasangan peralatannya sebagai berikut:

1. Gardu induk konvensional
2. *Gas insulated substation* (GIS)

2.3 Tranformator

Transformator adalah alat mesin elektrostatik yang bekerja dengan cara induksi elektromagnetik. Transformator digunakan untuk mensuplai energi dari suatu rangkaian ke rangkaian lainnya, dimana perbandingan tegangan antara primer dan sekunder sebanding

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

dengan perbandingan belitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arus. Inti feromagnetik memiliki gulungan sekunder dan gulungan primer.

Transformator memiliki gulungan primer dan sekunder. Ketika kumparan primer ini dihubungkan dengan sumber tegangan AC, fluks AC ini akan muncul pada inti besi dan membentuk loop tertutup, kemudian arus primer akan mengalir. Induksi (induksi sendiri) terjadi pada kumparan primer karena adanya fluks magnet pada kumparan primer. Selain karena pengaruh kumparan primer (mutual inductance), terjadi juga induksi pada kumparan sekunder, sehingga terjadi fluks magnet pada kumparan sekunder. Jika rangkaian sekunder dibebani energi listrik dapat disalurkan secara menyeluruh (magnetisasi) [17].

2.3.1 Jenis-Jenis Transformator

Berdasarkan perbandingan antara jumlah Belitan Primer dan Sekunder, Transformer dibagi menjadi dua jenis, yaitu [22]:

1. Transformator *step-up* adalah transformator dengan belitan sekunder yang lebih banyak dibandingkan lilitan primer, sehingga berfungsi untuk meningkatkan tegangan.
2. Transformator *step-down* adalah transformator dengan belitan sekunder lebih sedikit dibandingkan belitan primer, sehingga dengan demikian bertindak sebagai penurunan tegangan.

Kemudian berdasarkan kegunaannya, transformator terbagi beberapa jenis sebagai berikut [23]:

1. Transformator tenaga berfungsi menyalurkan energi listrik dari tegangan tinggi ke rendah dan sebaliknya.
2. Autotransformator adalah transformator di mana belitan primer dan sekunder dihubungkan bersama. Keuntungan autotransformer dibandingkan dengan transformator biasa, yaitu:
   a. Ukurannya lebih kecil untuk daya yang sama
   b. Harganya lebih murah
   c. Efisiensinya lebih tinggi
   d. Arus tanpa beban kecil
   e. Mempunyai penurunan tegangan yang kecil
3. Transformator pengukuran berfungsi untuk mengukur listrik. Transformator pengukuran terdiri dari dua macam yaitu transformator tegangan dan transformator arus.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

2.4 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu metode untuk memprediksi keadaan dimasa yang akan datang berdasarkan pengujian data dari masa lampau. Tujuan dari peramalan atau perkiraan merupakan asumsi kejadian-kejadian pada masa yang akan datang mengacu pola pada masa lampau. Maka dari itu peramalan atau perkiraan membutuhkan data histori dari masa lampau agar dapat memperakirakan masa mendatang [24]. Peramalan atau perkiraan dapat dibagi menjadi tiga berdasarkan klasifikasinya:

1. Peramalan jangka pendek adalah teknik peramalan dengan durasi beberapa jam hingga seminggu.
2. Peramalan jangka menengah adalah teknik peramalan durasi peramalan dari satu bulan ke bulan berikutnya.
3. Peramalan jangka panjang adalah teknik peramalan yang berlangsung lebih dari satu tahun.

Peramalan atau perkiraan memiliki empat prinsip atau karaktersistik. Dengan memahami prinsip-prinsip ini akan membantu mendapatkan peramalan yang lebih efektif [25].

1. Peramalan umumnya sering terjadi kesalahan. Dalam pelaksanaan kegiatan *forecasting* atau peramalan, kesalahan merupakan hal yang wajar karena masa depan tidak dapat diprediksi.
2. Setiap peramalan memiliki kesalahan. Perbedaan antara nilai prediksi dan aktual menghasilkan beberapa kesalahan besar, sehingga setiap perkiraan juga menyertakan perkiraan kesalahan yang dapat diukur sebagai tingkat kepercayaan, sebagai persentase (plus atau minus) dan nilai tertinggi (batas atas).
3. Peramalan akan lebih akurat untuk kelompok. Tindakan individu dalam suatu kelompok lebih acak bahkan ketika kelompok berada pada kondisi stabil. Misalnya, memprediksi siswa di kelas dengan benar akan lebih sulit daripada memprediksi nilai rata-rata keseluruhan kelas. Akibatnya, peramalan akan lebih akurat oleh kelompok daripada oleh individu.

Peramalan akan lebih akurat dalam periode waktu yang lebih singkat. Kebanyakan orang percaya dalam memprediksi apa yang akan mereka lakukan minggu depan daripada memprediksi apa yang akan mereka lakukan tahun depan. Karena masa depan yang lebih jauh memiliki nilai ketidakpastian yang tinggi dibandingkan dengan masa depan jangka pendek.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.4.1 Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) adalah teknik optimasi yang menggabungkan konsep neural network dengan logika fuzzy. Jaringan saraf mengenali pola dan menyamakan pola dengan perubahan lingkungan, sedangkan logika fuzzy menyatukan pengetahuan manusia dan mencari kesimpulan untuk mengambil keputusan. Sistem inferensi fuzzy adalah proses komputasi berdasarkan himpunan logika fuzzy. Aturan if-then dan operator logika fuzzy. FIS menggunakan logika fuzzy untuk memetakan input yang diperoleh ke output. ANFIS telah terbukti memprediksi deret waktu yang kacau. Model fuzzy dengan himpunan fuzzy dan rekan-rekannya adalah himpunan yang jelas dan kemudian membuat konten baru yang disebut adaptasi fuzzy. Salah satu model fuzzy adaptif adalah ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) yang diusulkan oleh Roger Jan [25].

Jaringan adaptif berbasis sistem inferensi *fuzzy* atau disebut ANFIS adalah jaringan syaraf tiruan yang menggunakan sistem inferensi *fuzzy* dengan model Takagi Sugeno Kang (TSK). Jika misalkan ada dua input yaitu Z1,t dan Z2,t dan sebuah output berupa Zt dengan sistem inferensi *fuzzy* model TSK, maka aturan yang akan digunakan pada model adalah sebagai berikut [26]:

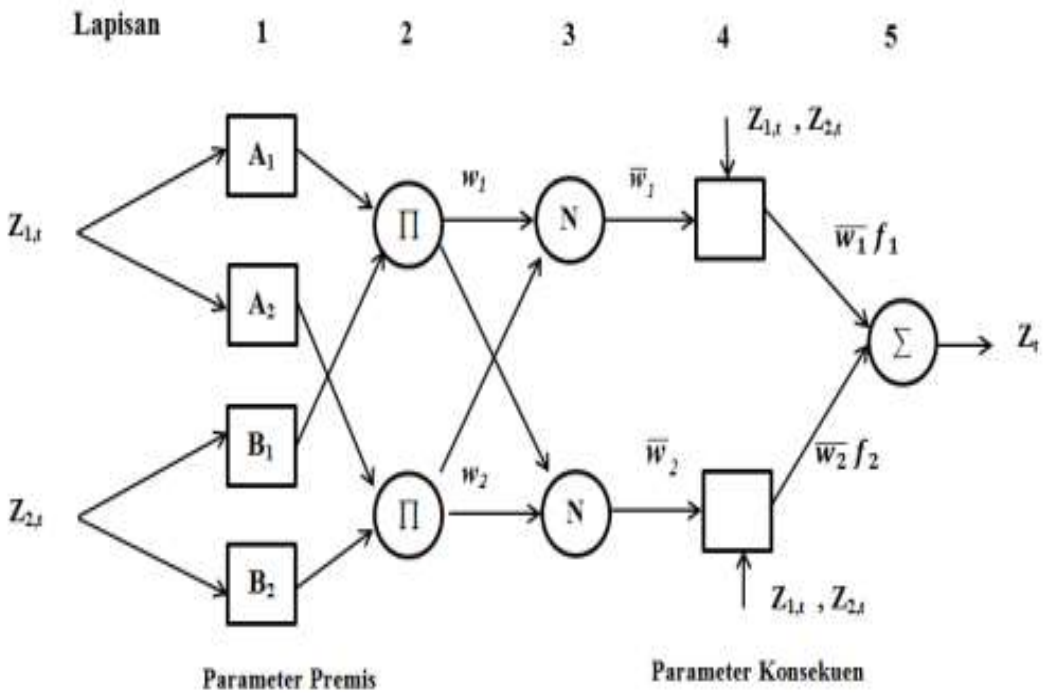
Aturan 1: If Z1,tis A1 and Z2,t is B1 then f1 = p1Z1,t + q1Z2,t + r1

Aturan 2: If Z1,tis A2 and Z2,t is B2 then f2= p2Z1,t + q2Z2,t + r2

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) terdiri dari beberapa lapisan yaitu satu lapisan input, tiga lapisan tersembunyi, dan satu lapisan output, penjelasan untuk masing-masing lapisan sebagai berikut [26]:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 1 Arsitektur ANFIS [26]

Lapisan 1 (Fuzzifikasi *Input*)

Setiap simpul j di lapisan (layer) ini adalah simpul adaptif dengan fungsi simpul (neuron):

$$\boldsymbol{O_{i,j} = \mu_{Aj}(Z_{1,t})} \quad \text{untuk j = 1,2}$$

$$O_{i,j} = \mu_{Bj}(Z_{2,t})$$

dengan O1,j merupakan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* (A1, A2, B1, B2) atau *output* dari lapisan 1 ke-j. Contohnya fungsi keanggotaan yang akan digunakan merupakan fungsi keanggotaan $Gauss, \mu(Z) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-\mu}{\sigma}\right)^2}$, dengan μ dan σ merupakan parameter premis.

Lapisan 2 (Operasi Logika *Fuzzy*)

Lapisan ini merupkan neuron tetap (diberi simbol ∏) untuk *output* -nya berupa perkalian semua sinyal yang masuk, yaitu:

$$\boldsymbol{O_{2,j} = w_j = \mu_{Aj}(Z_{1,t}).\mu_{Bj}(Z_{2,t})} \qquad \text{j = 1,2}$$

Lapisan 3 (*Normalized Firing Strength*)

Setiap neuron untuk lapisan ini merupakan neuron tetap (diberi simbol N), dengan rumus:

$$\boldsymbol{O_{3,j} = \overline{w}_j = \frac{w_j}{w_1 + w_w}} \qquad \text{untuk j = 1,2}$$

Lapisan 4 (Defuzzifikasi)

Pada lapisan ke-4 yang merupakan simpul adaptif dan untuk fungsi simpul sebagai berikut:

$$\boldsymbol{O_{4,j} = \overline{w}_j f_j = \overline{w}_j(p_j Z_{1,t} + q_j Z_{2,t} + r_j)}$$

yang mana pj, qj, rj adalah himpunan parameter konsekuen dari simpul tersebut.

Lapisan 5 (Perhitungan *Output*)

Lapisan ke-5 merupakan simpul tunggal yang mana fungsi sebagai berikut:

$$\boldsymbol{O_{5,j}} = \sum_j \overline{\boldsymbol{w}}_j \boldsymbol{f_j} = \frac{\sum_j \boldsymbol{w_j f_j}}{\sum_j \boldsymbol{w_j}}$$

Ketika parameter *antecedent* ditemukan dan dijalankan, output yang terjadi adalah kombinasi linier dari parameter yang dihasilkan. Algoritma *hybrid* digunakan untuk mengatur parameter selanjutnya ke depan dan akan mengatur parameter *antecedent* ke belakang melalui metode estimasi kuadrat terkecil (LSE) dan yang akan mengatur parameter premis secara mundur (*backward*) menggunakan metode *backpropagation gradient descent*.

Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dalam prosesnya mempergunakan Algoritma pembelajaran hybrid digunakan dengan menggabungkan metode estimasi kuadrat terkecil (LSE) dan propagasi balik kesalahan (EBP). Pada struktur ANFIS, metode EBP dilakukan pada layer 1, sedangkan metode LSE dilakukan pada layer 4. Pada lapisan pertama, parameternya adalah fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy, yang nonlinier terhadap keluaran sistem. Proses pembelajaran parameter ini menggunakan metode EBP untuk mengupdate nilai parameter. Pada lapisan keempat, parameternya adalah parameter linier yang dikeluarkan oleh sistem, yang menjadi dasar dari aturan fuzzy. Proses pembelajaran update parameter layer ini menggunakan metode LSE. Pada peramalan dengan metode ANFIS terbagi menjadi tiga proses yaitu: proses Inisialisasi awal, proses pembelajaran (learning), dan proses peramalan. Penentuan periode input dan periode training dilakukan saat inisialisasi awal dimana tiap-tiap periode input memiliki pola atau pattern yang berbeda. Data yang digunakan untuk proses pembelajaran (*traning*) terdiri dari data input, parameter ANFIS, dan data *test* yang berada pada periode *traning* ANFIS [27].

Sebelum melakukan peramalan menggunakan metode adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) ada beberapa tahap yang harus dilakukan sebagai berikut [28]:

1. Normalisasi Data

Sebelum data diinputkan untuk dilakukan pengolahan dilakukan normalisasi data yang merupakan proses memperkecil nilai *range* data, ini akan membantu melakukan proses perhitungan data dengan cepat [29]:

$$X' = \frac{x-b}{a-b} \tag{2.1}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Keterangan:

X' : Nilai hasil normalisasi

x : Nilai yang akan dinormalisasi

b : Nilai minimum data

a : Nilai maksimum data

2. Pembagian Data

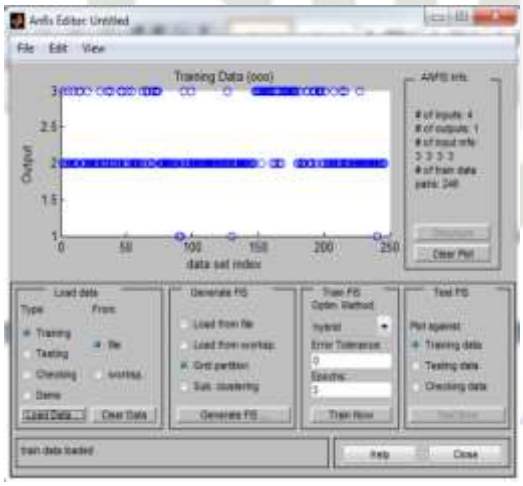
Pembagian data bertujuan untuk mengetahui akurasi yang dihasilkan pada metode ANFIS untuk memprediksi diamana akan dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu data *training*, data *testing* dan data validasi.

3. Pelatihan Jaringan

Dalam melakukan *training* atau data *training* untuk mencari struktur jaringan ANFIS yang menghasilkan nilai *error* terkecil. Parameter yang digunakan dalam pelatihan jaringan ANFIS adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). Pelatihan ini dilakukan dengan mencoba 8 *member function* beberapa perubahan fungsi keanggotaan dan jumlah *epoch* [30].

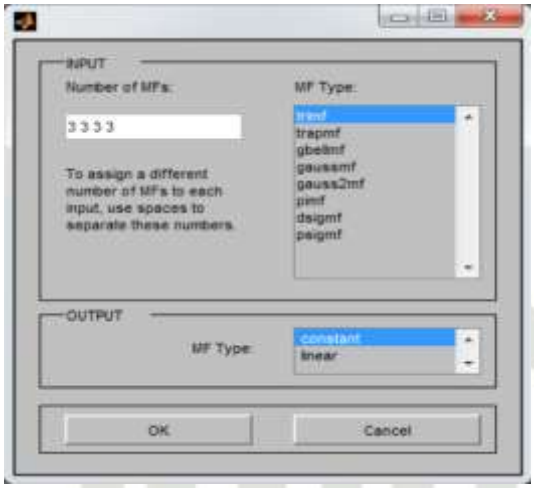
Matlab telah terintegrasi dengan *fuzzy logic toolbox* yang mana terdapat ANFIS Editor GUI. ANFIS Editor GUI terdiri dari 4 *tool bar* berbeda. GUI tersebut menunjukan fungsi kerja sebagai berikut [28]:

a. Tahap Load Data yaitu mengunggah (loading), memplot (ploting) dan membersihkan data (tahap memasukkan data).



Gambar 2. 2 Tahap Load Data Training

b. Tahap Generate FIS yaitu mengunggah permulaan structure FIS (tahap membangkitkan FIS).



Gambar 2. 3 Tahap Menentukan Jumlah dan Jenis Fungsi Keanggotaan

c. Tahap *Train* FIS yaitu melatih data FIS (tahap pembelajaran FIS)

d. *Testing* FIS yaitu memvalidasi data FIS yang sudah dilatih

e. *Root Mean Squared Error* (RMSE)

Melakukan pengukuran performa dari model regresi yang di peroleh, nilai *error* yang ada di model prediksi dan *ground truth* labelnya dapat dijadikan acuan. Dengan yang mana nilai ground truth label adalah Yt atau variable terikat dan nilai prediksi adalah Y"t.

f. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE merupakan metode algoritma perbedaan antara data aktual dan data prediksi. Selanjutnya, dihitung sebagai persentase dari data yang sebenarnya. Mengembalikan *mean*. MAPE menentukan berapa banyak kesalahan yang ada dalam peramalan dan peramalan, kemudian membandingkannya dengan nilai sebenarnya dalam serangkaian periode waktu. Rumus perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) [24]:

$$\boldsymbol{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - Y_{\prime t}}{Y_{\prime t}}\right| \times 100\% \qquad (2.2)$$

Keterangan:

n : Jumlah seluruh input data

Yt : Data aktual pada periode waktu (t)

$Y\,'\,t$: Hasil peramalan periode t

Berdasarkan nilai MAPE diinterpretasikan dalam 4 kategori yang di tampilkan dalam Tabel 2.1.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Tabel 2. 1 Kategori MAPE [24]

Range MAPE	Kemampuan Model
<10 %	Sangat akurat
10-20 %	Baik
20-50 %	Wajar
>50 %	Tidak akurat

4. Denormalisasi Data

Data masukkan yang sudah dinormalisasi tadi yang kemudian sudah mendapatkan nilai keluaran dari ANFIS, maka langkah yang dilakukan sesudahnya adalah melakukan denormalisasi data dengan persamaan :

$$z = \left(X'(a-b)\right) + b) \tag{2.3}$$

5. Peramalan dengan Metode ANFIS

Peramalan menggunakan ANFIS langkah-langkah yang dilakukan hampir sama dengan pelatihan jaringan. Peramalan beban juga menggunakan 3 data sebagai input namun tanpa target data dengan melakukan perintah **"ANFISPredict = evalfis (DATA INPUT,Struktur Jaringan yang Telah di Latih)".**

2.5 Pembebanan Transformator

Pembebanan transformator memiliki batas optimal dalam menerima beban, berdasarkan SPT PLN No 50 Tahun 1997 batas optimal pembebanan transformator sebesar 60-80%. Sehingga diklasifikasikan pembebanan trafo sebagai berikut [7]:

0-60% = Beban Ringan

60-80% = Beban Optimal

>80% = Beban Berat

Menjaga kestabilan sistem tenaga listrik, kualitas daya merupakan bagian terpenting. Untuk menjaga kestabilan tersebut maka perlu memperhatikan beban trafo daya. Maka rasio pemuatan dapat ditentukan sebagai berikut [17]:

$$K = \frac{S}{Sr} \tag{2.4}$$

Keterangan :

K : Ratio pembebanan

S : Beban transformator (MVA)

Sr : Kapasitas transformator (MVA)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{2.5}$$

Keterangan:

P : Daya aktif (MW)

Q : Daya reaktif (MVAR)

2.6 Susut Umur Transformator

Tentunya selama pengoperasian sebuah trafo distribusi banyak hal yang dapat terjadi dan mempengaruhi kondisi atau umur trafo tersebut, antara lain : isolasi yang digunakan, beban yang diberikan, material yang digunakan dan perawatan rutin. Kenaikan suhu saat trafo dibebani secara berlebihan dapat menimbulkan efek pemanasan. Transformator menua dengan setiap kenaikan suhu 6ºC. Di Indonesia, menurut peraturan SPLN, transformator hanya dapat bekerja pada suhu lingkungan tidak melebihi 40°C, dan rata-rata suhu harian dan tahunan sekitar 30°C. Menurut peraturan IEC (*International Electrotechnical Commission*), umur trafo hanya sekitar 20,55 tahun [31].

Dalam pengoperasian suatu transformator distribusi tentunya banyak hal yang dapat terjadi dan mempengaruhi kondisi atau umur transformator. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah temperatur hot spot. Temperatur titik panas merupakan kondisi terpanas pada bagian transformator, yang terjadi pada belitan transformator. Suhu sekitar menentukan perubahan suhu hot spot. Semakin tinggi suhu sekitar, semakin besar suhu hot spot, begitu pula sebaliknya. Beban pada trafo juga menentukan kenaikan suhu trafo.

1. Temperatur *Hot Spot* (θc)

Temperatur *Hot Spot* adalah parameter suhu yang digunakan untuk menentukan kapasitas termal transformator. Suhu adalah batas kenaikan suhu yang diijinkan dari trafo, dan juga digunakan untuk menentukan masa pakai bahan isolasi yang digunakan dalam trafo. Standar IEC354 menetapkan bahwa suhu Hot Spot adalah 98ºC. Umumnya letak titik panas berada di inti dan kumparan trafo. Untuk menentukan temperatur Hot Spot dapat digunakan persamaan berikut [17]:

$$\theta_c = \theta_a + \Delta\theta_b + \Delta\theta_{td} \tag{2.6}$$

Keterangan :

θc : Temperatur *Hot Spot* (ºC)

θa : Temperatur lingkungan (ºC)

Δθb : Kenaikan temperatur *Top Oil* (ºC)

Δθtd : Selisih antara *Hot Spot* dengan *Top Oil* (ºC)

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Sedangkan untuk mencari perbedaan suhu antara *Hot Spot* dan *Top Oil* dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta\theta_{td} = (\Delta\theta_{cr} - \Delta\theta_{br})K^{2y} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$\Delta\theta_{cr}$: Kenaikan temperatur *Hot Spot* : 68ºC

$\Delta\theta_{br}$: Kenaikan temperatur *Top Oil* : 50ºC untuk ON

K : Ratio pembebanan

y : 0,8 untuk ON

2. Kenaikkan Temperatur *Top Oil* untuk Kondisi Beban Stabil

Kenaikan suhu ini sebanding dengan nilai daya dikalikan dengan kenaikan suhu top oil berdasarkan total *loss ratio* eksponen x dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta\theta_b = \Delta\theta_{br}\left(\frac{1+dK^2}{1+d}\right)^x \quad (2.8)$$

Keterangan :

K : Ratio pembebanan

D : $Perbandingan\ rugi = \frac{Rugi\ tembaga\ pada\ daya\ pengenal}{rugi\ beban\ nol}$ (2.9)

x : Konstanta

x : 0,9 (ONAN dan ONAF)

Δθbr : Kenaikan temperatur minyak (puncak)

Δθbr : 50ºC untuk ON

3. Faktor Penuaan atau Laju Perubahan Umur Transformator

Faktor penuaan atau laju perubahan umur transformator pada setiap kenaikan suhu titik panas diatas suhu normal (98 °C) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [32]:

$$V = 2^{\frac{(\theta - 98°c)}{6}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

V : Percepatan penuaan relatif

θ : Temperatur belitan sisi terpanas (*hot spot*).

98ºC: Temperatur adalah dasar untuk umur yang wajar (20 – 30 tahun).

4. Susut Umur Transformator

Menentukan pengurangan umur trafo dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\%L = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} V\,.\,100\% \quad (2.11)$$

Keterangan:

L : Laju umur relative (susut umur)

N : Jumlah dari tiap-tiap interval waktu

N : Jumlah total interval waktu ekivalen

5. Perkiraan Umur Transformator

Untuk menentukan perkiraan umur sebuah transformator dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Sisa umur} = \frac{100\%-\text{L}}{100\%}(\text{umur dasar} - \text{n}) \quad (2.12)$$

Keterangan :

Umur dasar : 20,55 tahun

n : Lama trafo beroperasi

2.7 *Uprating* Transformator

Uprating Transformator adalah meningkatkan kapasitas daya trafo 30MVA menjadi 60MVA pada sistem 150kv/20kv. Dalam penelitian lain disebutkan bahwa umur transformator harus dijaga agar dapat bertahan sesuai dengan umur yang semestinya. Umur transformator akan berkurang karena pengaruh beban dan beban yang tinggi akan menyebabkan kerusakan isolasi. *Uprating* trafo ini juga digunakan untuk mengatasi beban lebih pada trafo. Cara ini paling sederhana atau paling mudah untuk mengatasi beban trafo tanpa syarat apapun. Metode peningkatan adalah meningkatkan daya trafo dari 100kVA menjadi 200kVA, dan dari 200kVA menjadi 400kVA [33].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode deskriptif. Penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang spesifikasinya meliputi struktur yang sistematis, terencana, jelas, dan tepat, biasanya direpresentasikan secara numerik, grafik, dan menggunakan rumus statistik dalam perhitungannya. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan atau memberikan gambaran tentang suatu subjek penelitian dari data atau sampel yang dikumpulkan tanpa rekayasa. Tujuan metode deskriptif adalah untuk menggambarkan subjek penelitian dan hasil penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

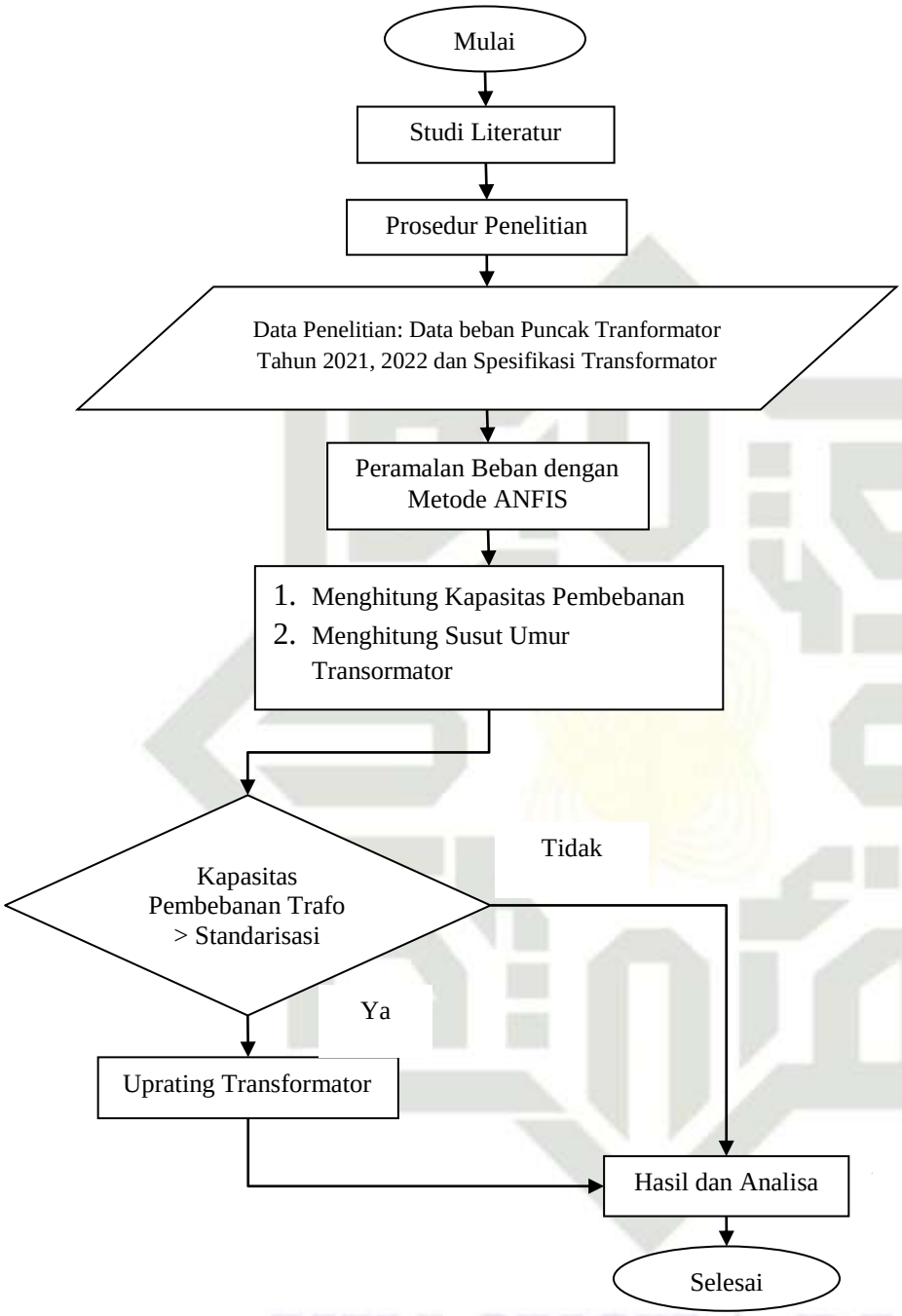
Penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) ULTG Gardu Induk Duri yang terletak di Jalan Rejo Sari, Desa Petani Km. 12, Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis. Sumber energi listriknya berasal dari Balai Pungut kerena adanya Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Balai Pungut dengan kapasitas 3x25 MW, Gardu Induk ini dirancang dengan sistem penyalur saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Adapun alasan pemilihan lokasi ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil wawancara dengan Pak Boy Saputra selaku Supervisor Gardu Induk (GI) Duri, mengatakan bahwa dari 9 *feeder* yang ada di GI ini khusus pada penyulang atau *feeder* Mandau mengalami kurangnya energi listrik untuk memenuhi beban, akibatnya terjadi pemadaman lokal pada malam hari.
2. Daerah Duri terutama *feeder* Mandau memiliki penduduk yang banyak dari *feeder* lainnya, dimana diketahui pertumbuhan energi listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk, sehingga saat masuk beban puncak energi listrik yang tersedia tidak dapat memenuhi beban yang ada.

3.3 Tahapan Penelitian

Proses peramalan beban (*load forecasting*) ini dimulai mengidentifikasi masalah, menentukan masalah, dan mengkaji penelitian relevan yang telah dilakukan sebelumnya, merupakan tahapan awal penelitian. Data sekunder kemudian digunakan untuk pengumpulan data terkait penelitian. Setelah mendapatkan data sekunder yang dibutuhkan,

data tersebut dilakukan pengolahan dan analisis. Maka dari itu adapun tahapan yang dilakukan untuk penelitian ini dapat dilihat dari diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.4 Studi Literatur

Tahapan ini adalah bertujuan untuk mencari teori-teori terkait yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan dan memerlukan beberapa sumber referensi dalam penelitian, seperti jurnal, buku, dan penelitian terkair peramalan yang terkait dengan permalan dengan menerapkan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Untuk jurnal penelitian terkait akan dilakukan analisa mengenai teori yang digunakan dan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

metode apa yang diterapkan. Sedangkan pada buku akan diambil teori pendukung dalam penelitian.

3.5 Prosedur Penelitian

Tahap prosedur penelitian merupakan langkah-langkah dalam melakukan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

   Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah kurangnya energi listrik khusus pada penyulang atau *feeder* Mandau untuk memenuhi beban, akibatnya terjadi pemadaman lokal pada malam hari. Hal ini dapat terjadi karena pada daerah Duri terutama *feeder* Mandau memiliki penduduk yang banyak dari *feeder* lainnya, dimana diketahui pertumbuhan energi listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk, sehingga saat masuk beban puncak energi listrik yang tersedia tidak dapat memenuhi beban yang ada.

2. Membuat Tujuan

   Tujuan yang ingin di capai adalah melakukan peramalan jangka pendek untuk beban puncak pada feeder Mandau karena kurangnya energi listrik guna untuk mengantisipasi atau mengurangi terjadinya pemadaman lokal dan meningkatkan pelayanan ke konsumen.

3. Menentukan Judul

   Sebagai kerangka dasar berfikir dalam suatu penelitian untuk menggambarkan penelitian secara garis besar, maka perlu direpresentasikan kedalam suatu judul. Berdasarkan permasalahan dan tujuan maka peneliti menetapkan judul **"Analisis Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan Pembebanan pada Transformator di Gardu Induk Duri untuk Penyulang (*Feeder*) Mandau"**.

3.6 Data Penelitian

Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder milik PT. PLN Persero Unit Penyaluran Transmisi (UPT) Pekanbaru dan pihak Gardu Induk Duri. Diantara data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah beban puncak trafo 2 yang akan digunakan dalam proses penelitian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Sampel data beban yang diambil berupa data beban puncak trafo 2 pada bulan Januari 2021 berdasarkan data milik Gardu Induk Duri.

Tabel 3. 1 Data Beban Puncak 2021

TRAFO DAYA 2 FEEDER MANDAU							
JANUARI 2021							
JAM	A	KV	MW	MVAR	TEMP		TAP
19.00	65	153	16,8	4,4	55	56	5
19.00	65	153	16,8	4,4	55	56	5
19.00	64	150	16,4	4,5	47	48	6
19.00	64	150	16,4	4,5	47	48	6
19.00	59	147	14,6	3,6	47	49	5
19.00	53	149	14,4	4,4	46	47	5
19.00	61	150	15,7	4,2	46	47	5
19.00	58	150	14,9	3,8	47	48	5
19.00	63	153	15,9	4,1	51	52	6
19.00	63	148	16,3	4,2	51	52	5
19.00	63	150	16	4,3	46	47	5
19.00	62	150	15,8	4,3	46	47	5
19.00	63	148	15,8	4,2	48	51	6
19.00	61	152	15,7	4,4	52	54	6
19.00	59	149	15,1	3,9	49	50	5
19.00	59	151	15,2	4,1	50	51	5
19.00	59	150	15,2	4,1	50	51	5
19.00	57	150	14,8	3,9	51	52	5
19.00	59	151	15,1	3,6	46	47	5
19.00	58	151	14,7	3,8	49	51	6
19.00	58	151	14,7	3,8	49	51	6
19.00	62	151	16	4,4	51	52	5
19.00	62	150	15,9	4,2	52	53	4
19.00	60	150	15,4	4,2	51	52	5
19.00	62	149	15,6	4,2	50	51	5
19.00	52	151	13,4	3,5	48	49	5
19.00	58	150	15,2	4	48	49	5
19.00	58	150	15,2	4	48	49	5
19.00	56	152	14,7	4	47	48	5
19.00	56	152	14,7	4	47	48	5
19.00	56	148	14,2	3,9	49	50	5

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2. Sampel data beban yang diambil berupa data beban puncak trafo 2 pada bulan Januari 2022 berdasarkan data milik Gardu Induk Duri.

Tabel 3. 2 Data Beban Puncak 2022

TRAFO DAYA 2 FEDEER MANDAU							
JANUARI 2022							
JAM	A	KV	MW	MVAR	TEMP		TAP
19.00	70	149	17,5	4,8	47	48	5
19.00	66	153	17	4,7	51	52	5
19.00	77	150	19,2	5,9	48	49	5
19.00	77	150	19,5	5,4	47	49	5
19.00	66	153	17	4,7	51	52	5
19.00	70	149	17,5	4,8	47	48	5
19.00	82	148	20,6	5,9	53	55	6
19.00	84	150	21,3	6,3	50	51	6
19.00	70	149	17,5	4,8	47	48	5
19.00	87	150	21,8	6,5	48	49	6
19.00	82	147	20,3	5,6	50	51	6
19.00	84	148	20,8	6,1	51	52	7
19.00	83	150	20,9	6,1	51	52	6
19.00	83	150	20,9	6,1	51	52	6
19.00	83	150	20,9	6,1	51	52	6
19.00	82	150	20,7	5,9	48	49	5
19.00	84	149	21,2	6,1	48	49	6
19.00	78	148	19,8	5,6	47	48	6
19.00	79	147	20,2	5,6	48	49	5
19.00	84	146	20,8	6	50	51	7
19.00	84	147	20,8	6	51	52	7
19.00	80	150	20,4	5,9	50	51	6
19.00	80	150	20,4	5,9	50	51	6
19.00	81	149	20,5	5,7	45	46	5
19.00	72	151	18,3	5,3	47	49	6
19.00	82	150	20,8	6	46	47	5
19.00	83	149	20,9	5,9	49	50	5
19.00	84	148	21,3	6,3	47	48	6
19.00	88	144	21,3	6,3	46	47	8
19.00	80	149	20,4	5,7	46	47	5
19.00	90	153	23,5	7,4	47	48	5

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Terlihat pada Tabel 3.2 diatas yang dibutuhkan untuk penelitian merupakan data sampel beban puncak trafo 2 pada *feeder* Mandau pada tahun 2022 untuk peramalan beban pada penelitian yang akan dilakukan.

3. Spesifikasi Transformator Unit 2

Gardu Induk Duri memiliki 2 transformator daya yang mana trafo unit 1 dan 2 berdaya 60 MVA. Pada penelitian ini akan membahas trafo unit 2 yang mengalir ke 4 feeder salah satunya feeder mandau dengan kode nama Bolivia.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Transformator Unit 2 GI Duri

Nama Data	Data
Merk	Pauwels Trafo
Year of Manufacture	2017
Daya	60 MVA
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
Jenis Minyak	Mineral Oil
Pendingin	ONAN/ONAF
Frekuensi	50 Hz
Phases	3
Rugi Beban Nol	27,315 kW
Rugi Tembaga	112,817 kW

3.7 Peramalan Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)

Penelitian ini melakukan peramalan beban puncak menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system*. Dimana melakukan beberapa tahap terlebih dahulu:

3.7.1 Normarilasi Data Beban

Sebelum melakukan peramalan beban dengan metode ANFIS tentu akan ada data beban yang diperlukan. Data beban tersebut dilakukan normalisasi data terlebih dahulu yang merupakan proses memperkecil nilai *range* data yang akan membantu melakukan proses perhitungan data dengan cepat menggunakan rumus persamaan (2.1).

3.7.2 Pembagian Data

Pembagian data bertujuan untuk mengetahui akurasi yang dihasilkan pada metode ANFIS untuk memprediksi diamana akan dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu data *training*, data *testing* dan data validasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

3.7.3 Pelatihan Jaringan

Pelatihan jaringan sudah dijelaskan pada Bab 2 untuk melakukan *training* atau data *training* untuk mencari struktur jaringan ANFIS yang menghasilkan nilai *error* terkecil. Parameter yang digunakan dalam pelatihan jaringan ANFIS adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). Pelatihan ini dilakukan dengan mencoba 8 *member function* beberapa perubahan fungsi keanggotaan dan jumlah epoch.

1. *Root Mean Squared Error* (RMSE)

Melakukan pengukuran performa dari model regresi yang di peroleh, nilai *error* yang ada di model prediksi dan *ground truth* labelnya dapat dijadikan acuan.

2. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

MAPE merupakan metode algoritma perbedaan antara data aktual dan data prediksi. Selanjutnya, dihitung sebagai persentase dari data yang sebenarnya. Mengembalikan *mean*. MAPE menentukan berapa banyak kesalahan yang ada dalam peramalan dan peramalan, dan kemudian membandingkannya dengan nilai sebenarnya dalam serangkaian periode waktu Dengan rumus persamaan (2.2).

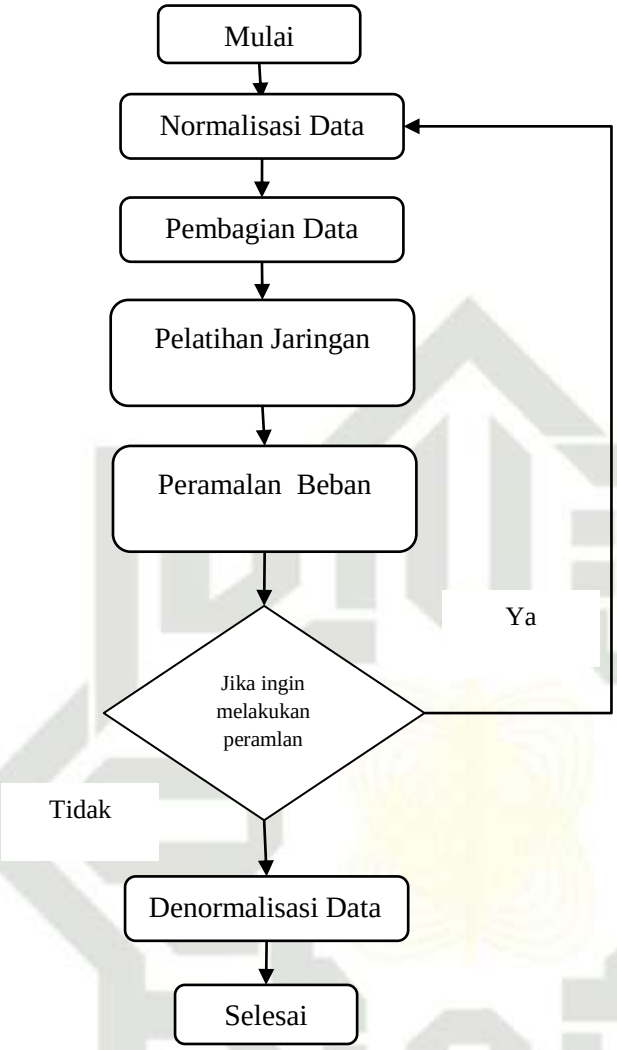
3.7.4 Denormalisasi Data Beban

Data masukkan yang sudah dinormalisasi tadi yang kemudian sudah mendapatkan nilai keluaran dari ANFIS, maka langkah yang dilakukan sesudahnya adalah melakukan denormalisasi data dengan persamaan (2.3).

3.7.5 Peramalan Beban

Peramalan menggunakan ANFIS langkah-langkah yang dilakukan hampir sama dengan pelatihan jaringan. Peramalan beban juga menggunakan 3 data sebagai input namun tanpa target data dengan melakukan perintah **"ANFISPredict = evalfis (DATA INPUT,Struktur Jaringan yang Telah di Latih)".**

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 2 Diagram Peramalan Beban

3.8 Menghitung Kapasitas Pembebanan Transformator

Dari data beban trafo yang telah didapatkan digunakan untuk mencari pembebanan trafo berdasarkan beban yang beroperasi sehingga mendapatkan batas optimal dalam menerima beban. Dengan menggunakan rumus persamaan (2.4). Tetapi karena nilai S atau beban transformator belum diketahui, maka digunakan persamaan (2.5) untuk mendapatkan nilai tersebut. Setelah nilai beban semu didapatkan, kemudian dapat dicari rasio pembebanan atau batas optimal dalam menerima beban.

3.9 Menghitung Umur Transformator

Tahap selanjutnya adalah menghitung susut umur transformator yang mana selama pengoperasian sebuah trafo distribusi banyak hal yang dapat terjadi dan mempengaruhi kondisi atau umur trafo tersebut, antara lain : isolasi yang digunakan, beban yang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

diberikan, material yang digunakan dan perawatan rutin. Kenaikan suhu saat trafo dibebani secara berlebihan dapat menimbulkan efek pemanasan. Dalam pengoperasian suatu transformator distribusi tentunya banyak hal yang dapat terjadi dan mempengaruhi kondisi atau umur transformator. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah temperatur hot spot. Sebelum mengitung kondisi umur pada transformator ada beberapa variable yang harus dihitung terlebih dahulu.

3.9.1 Ratio Pembebanan

Menjaga kestabilan sistem tenaga listrik, kualitas daya merupakan bagian terpenting. Untuk menjaga kestabilan tersebut maka perlu memperhatikan beban trafo daya. Maka rasio pemuatan dapat menggunakan persamaan (2.4).

3.9.2 Perbandingan Rugi- rugi Daya Transformator

Untuk menghitung perbandingan rugi-rugi daya yang terjadi pada sebuah transformator dengan menggunakan persamaan (2.9).

3.9.3 Temperatur *Top Oil* Kondisi Beban Stabil

Untuk menghitung kenaikkan temperatur *top oil* dalam kondisi beban stabil digunakan persamaan (2.8).

3.9.4 Selisih Temperatur *Hot Spot* dengan *Top Oil*

Untuk menghitung selisih temperatur antara *hot spot* dengan *top oil* digunakan persamaan (2.7).

3.9.5 Temperatur *Hot Spot*

Dalam pengoperasian suatu transformator distribusi tentunya banyak hal yang dapat terjadi dan mempengaruhi kondisi atau umur transformator. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah temperatur hot spot. Untuk menghitung temperatur hot spot digunakan persamaan (2.6).

3.9.6 Faktor Penuaan atau Laju Perubahan Umur Transformator

Untuk menghitung faktor penuaan atau laju perubahan umur transformator pada setiap kenaikan suhu titik panas diatas suhu normal (98 °C) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
©Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

3.9.7 Susut Umur Transformator

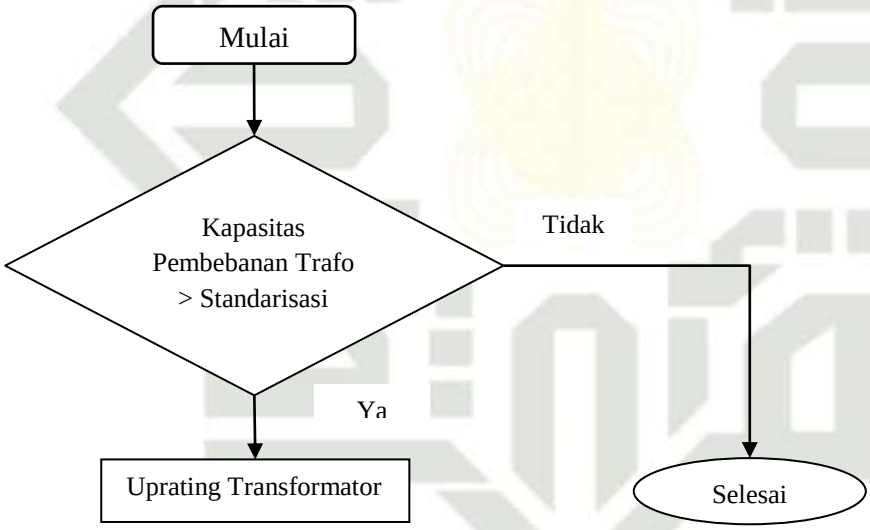
Untuk menghitung pengurangan umur transformator dapat dihitung menggunakan persamaan (2.11)

3.9.8 Perkiraan Umur Transformator

Untuk menghitung perkiraan umur transformator dapat dihitung berdasarkan persamaan (2.12).

3.10 Kemampuan Transformator dalam Memenuhi Kebutuhan Beban di Masa Mendatang

Dari semua hal yang telah dilakukan dalam penelitian ini langkah selanjutnya yaitu melihat kemampuan trafo dalam memenuhi kebutuhan beban untuk masa yang akan datang, apakah perlu dilakukan uprating atau tidak.



Gambar 3. 3 Diagram Kemampuan Transformator *Uprating* Transformator

3.11 Hasil dan Analisa

Setelah semua tujuan pada penilitian didapatkan langkah selanjutnya menganalisa hasil tersebut.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan penelitian ini, penulis menghasilkan beberapa kesimpulan mengenai peramalan beban puncak menggunakan metode *adaptive neuro fuzzy inference system* berdasarkan pembebanan pada transformator sebagai berikut:

1. Hasil dari peramalan beban dengan metode ANFIS untuk 6 bulan mendatang tahun 2023 sebesar 42,67 MW.
2. Untuk pembebanan transformator pada tahun 2023 sebesar 72,1% mengalami peningkatan pembebanan yang cukup tinggi dibandingkan 2 tahun sebelumnya pada tahun 2021 sebesar 29,43% tahun 2022 sebesar 36,35%, tetapi tidak melebihi dari batas beban optimal yang dapat ditampung oleh trafo masih dibawah 80%.
3. Sisa umur transformator unit 2 GI Duri, didapatkan pada tahun 2021 sisa umur trafo 16,45 tahun, 2022 sebesar 15,39 tahun dan untuk 2023 sebesar 10,36 tahun. Dimana pada tahun 2023 sisa umur transformator berkurang cukup tinggi dibanding 2 tahun sebelumnya, ini dapat terjadi karena pembebanan yang terjadi pada tahun 2023 cukup tinggi tapi masih dalam batas optimal kinerja trafo.
4. Kemampuan transformator untuk memnuhi kebutuhan dimasa mendatang masih tergolong mampu karena tahun 2023 beban yang didapatkan merupakan hasil peramalan yang sudah dilakukan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS), untuk itu juga diketahui kemampuan transformator dalam memenuhi kebutuhan beban dimasa mendatang masih tergolong mampu karena hasil peramalan masih dalam batas beban optimal dan tidak perlu dilakukan *uprating* trafo.

5.2 Saran

Dari penelitian ini adanya saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya dengan pembahasan yang serupa sebagai berikut:

1. Melakukan peramalan jangka panjang menggunakan metode metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS)
2. Saat pelatihan jaringan diharapkan mendapatkan nilai MAPE yang lebih kecil dari penelitian ini.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Zulkarnaini and H. Riandi, "Analisa Peramalan Beban Listrik Di Rsup . Dr . M . Djamil Padang Sampai Tahun 2029 Analysis Forecasting Electrical Loads in Rsup . Dr . M . Djamil Padang Until 2029," vol. XIV, no. 01, pp. 134–145, 2020.

[2] A. H. Wijaya, "Artificial Neural Network Untuk Memprediksi Beban Listrik Dengan Menggunakan Metode Backpropagation," *J. CoreIT*, vol. 5, no. 2, pp. 61–70, 2019.

[3] S. R. Kusuma, R. S. Hartati, and I. W. Sukerayasa, "Metode Fuzzy Logic Terhadap Hasil Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang," *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 1, pp. 18–24, 2020.

[4] Hasbullah, "Analisis Up Rating Transformator Distribusi," vol. A1, 2009.

[5] A. Wahyudi, M. Gozali, and D. Kalandro, "JURNAL TERKAIT REVIEW JURNAL," 2020.

[6] S. M. Bahtiar, "Time Series Untuk Kebutuhan Tenaga Listrik Di Gardu Induk Sungai Raya," 2017.

[7] S. N. Dina, "Analisis Peramalan Beban Transformator Jaringan Distribusi Pada PT. PLN ULP Ambulu Penyulang Jatimulyo Menggunakan Regresi Linier," *Dielektrika*, vol. 8, no. 1, p. 60, 2021, doi: 10.29303/dielektrika.v8i1.252.

[8] L. Fauziah, D. Devianto, and Maiyastri, "Fuzzy Time Series Cheng," vol. VIII, no. 2, pp. 84–92, 2019.

[9] A. Senen and T. Ratnasari, "Studi Peramalan Beban Rata – Rata Jangka Pendek Menggunakan Metoda Autoregressive Integrated Moving Average (Arima)," *Sutet*, vol. 7, no. 2, pp. 93–101, 2018, doi: 10.33322/sutet.v7i2.84.

[10] F. R. Rizqulloh, "Analisa Perbandingan Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek antara Metode Backpropagation Neural Network dengan Metode Regresi Linier," pp. 69–77.

[11] A. J. Kastanja and J. Tupalessy, "PERAMALAN BEBAN LISTRIK KOTA AMBON TAHUN 2016 – 2022," vol. 7, no. 1, pp. 13–18, 2017.

[12] U. Khasanah, D. C. R. Novitasari, W. D. Utami, and P. K. Intan, "Analisis Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Studi Kasus : Pt. Pln (Persero) Area Pengaturan Distribusi Jawa Timur)," *Math Vis.*, vol. 01, no. 01, pp. 17–24, 2019.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

[13] F. Alamsyah, “PERAMALAN BEBAN LISTRIK HARIAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK,” pp. 203–209, 2017.

[14] Y. A. Suryatna, N. Kholis, I. Agung, and W. Aribowo, “PERAMALAN BEBAN PUNCAK MENGGUNAKAN METODE FEED FORWARD BACKPROPAGATION DAN GENERALIZED REGRESSION NEURAL NETWORK,” 2021.

[15] M. P. S. Gunawan and W. Aribowo, “PERAMALAN BEBAN LISTRIK JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODE FEED FORWARD BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK,” 2015.

[16] A. Wahyudi and G. D. Kalandro, “Peramalan Beban Listrik yang Tersambung pada Penyulang PT PLN (PERSERO) ULP Tanggul Tahun 2020-2024 Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS),” vol. 2, pp. 46–51, 2020.

[17] M. A. Muzar and M. Syukri, “Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya,” vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2018.

[18] A. Prayuda and Y. Afrida, “No1 Hlm,” *J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, pp. 10–12, 2022.

[19] I. M. Satriawan, I. M. Mataram, and A. A. N. Amrita, “Peramalan beban listrik jangka pendek menggunakan metode ANFIS di Gardu Induk Nusa Dua Bali,” *Spektrum*, vol. 7, no. 1, pp. 83–89, 2020.

[20] H. L. Latupeirissa, “Analisa Umur Pakai Transformator Distribusi 20 kV Di PT. PLN Cabang Ambon,” vol. 8, no. 2, pp. 126–132, 2018.

[21] S. M. Gunawan and J. Sentosa, “Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan,” *Dimens. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 37–42, 2013.

[22] H. Danny, H. K., Mujiman, wiwik, “Analisis Penambahan Transformator Daya Baru (60 MVA) Untuk Menambahkan Suplai Daya Area Distribusi Pada Gardu Induk Kentungan 150 KV,” *J. Elektr.*, vol. 4 (1), no. 1, pp. 65–73, 2019.

[23] F. Teknik and U. Udayana, “Program studi teknik elektro fakultas teknik universitas udayana jimbaran-bali 2010,” no. 0804405050, pp. 141–148, 2010.

[24] P. A. Mahendra, U. T. Kartini, W. Aribowo, and S. I. Haryudo, “PERAMALAN SUSUT ENERGI JANGKA PENDEK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC DAN FEED FORWARD NEURAL NETWORK BERDASARKAN KESEIMBANGAN BEBAN Puguh Ady Mahendra Unit Three Kartini , Widi Aribowo , Subuh Isnur Haryudo Abstrak.”

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

[25] E. A. Ardiansyah, R. Mardiati, and A. Fadhil, “Aplikasi Peramalan Kebutuhan Beban Listrik Menggunakan Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS),” *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 3, no. 1, pp. 36–48, 2017, doi: 10.15575/telka.v3n1.36-48.

[26] A. Kristiana, Y. Wilandari, and A. Prahutama, “PERAMALAN BEBAN PUNCAK PEMAKAIAN LISTRIK DI AREA SEMARANG DENGAN METODE HYBRID ARIMA (AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE)-ANFIS (ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM) (Studi Kasus di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan DIY),” vol. 4, pp. 715–723, 2015.

[27] W. Anggraeni, R. P. , Garis Narendra Kurniaji, Edwin Riksakomara, Febriliyan Samopa, and P. Wibowo, Lulus Condro T., “Analisis Kinerja Metode ANFIS untuk Peramalan Kasus Demam Berdarah di Kabupaten Malang,” vol. 07, no. 03, 2018.

[28] H. STMIK Nusa Mandiri Jakarta, “Aplikasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Pemilihan Siswa Mengikuti Lomba Olimpiade Matematika,” *J. Inform.*, vol. III, no. 1, 2016.

[29] S. J. J, “Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab,” 2005.

[30] S. H. Kadir, “ANALISIS PERBANDINGAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK , REGRESI LINEAR BERGANDA,” 2020.

[31] K. Ridwan, “Analisa Perkiraan Umur Transformator Distribusi Berdasarkan Pembebanan Dengan Metode Tingkat Tahunan,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali)*, vol. 2, no. 4, pp. 1–5, 2017, doi: 10.33772/jfe.v2i4.7899.

[32] F. Azhar, Y. Rahmawati, and I. Fadlika, “322-Article Text-652-1-10-20191219,” pp. 43–49, 2019.

[33] B. H. Samsurizal, “Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas,” vol. 9, no. 1, pp. 136–142, 2020.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A
SURAT IZIN PENELITIAN

PLN
UIP3B SUMATERA
UPT PEKANBARU

Nomor	: 1000/STH.01.04/C24070000/2021	12 Agustus 2021
Lampiran	: 1 Lembar	
Sifat	: Segera	
Hal	: Konfirmasi Izin Penelitian Dan Pengambilan Data	Kepada

Yth. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Di
Tempat

Menindaklanjuti surat dari Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Nomor: Un.04/F.V/PP.00.9/5460/2021 tanggal 06 Juli 2021 Perihal Mohon izin penelitian dan pengambilan data tugas akhir/skripsi, pada prinsipnya kami setuju dan memberikan ijin untuk pelaksanaannya dengan tetap mematuhi peraturan yang berlaku, selanjutnya dimohon agar mahasiswa tersebut terlebih dahulu untuk melaksanakan swab antigen secara mandiri sebelum memasuki lingkungan kerja.

Demikian disampaikan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

MANAGER UNIT PELAKSANA
TRANSMISI PEKANBARU,

ARIS SOFIAN HIDAYAT

Tembusan:

- MUL ULTG DURI ULTG DURI PLN

© Hak cipta Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN B

B. 1 Tabel Hasil Wawancara Studi Pendahuluan

Hari/ Tanggal : Senin/ 23 Agustus 2021

Pukul/ Tempat : 10.00 WIB/ ULTG Gardu Induk Duri

No.	Penelitian	Narasumber
1.	Bagaimana kondisi pembebanan untuk tiap *feeder* pada GI Duri ini pak?	Untuk 9 *feeder* yang ada di GI ini khusus pada penyulang atau *feeder* Mandau mengalami kurangnya energi listrik untuk memenuhi beban, akibatnya terjadi pemadaman lokal pada malam hari.
2.	Kenapa *feeder* Mandau terjadi hal seperti itu pak?	Ini dapat terjadi karena pada daerah Duri terutama *feeder* Mandau memiliki penduduk yang banyak dari *feeder* lainnya, dimana diketahui pertumbuhan energi listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan jumlah penduduk, sehingga saat masuk beban puncak energi listrik yang tersedia tidak dapat memenuhi beban yang ada.

Duri, 23 Desember 2021

Mengetahui,

Hormat Saya,

Boy Saputra
Supervisor GI Duri
RIAU

Ryandika Mulia
Mahasiswa UIN SUSKA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LAMPIRAN C

PELATIHAN JARINGAN DENGAN METODE ADPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS)

1. Pelatihan Jaringan

Variables - INPUT

INPUT

31x3 double

	1	2	3	4
1	0.2683	0.7683	0.5122	
2	0.2073	0.7683	0.5122	
3	0.4756	0.7439	0.7073	
4	0.5122	0.7683	0.6220	
5	0.2073	0.7683	0.7683	
6	0.2683	0.7439	0.7439	
7	0.6463	0.8049	0.8049	
8	0.7317	0.8780	0.7683	
9	0.2683	0.8780	0.8780	
10	0.7927	0.9146	0.9146	
11	0.6098	0.5488	0.5488	
12	0.6707	0.9512	0.9512	

Variables - TRAIN

INPUT TRAIN

21x4 double

	1	2	3	4	5
1	0.2683	0.7683	0.5122	0.8537	
2	0.2073	0.7683	0.5122	0.8659	
3	0.4756	0.7439	0.7073	0.8659	
4	0.5122	0.7683	0.6220	0.7439	
5	0.2073	0.7683	0.7683	0.7195	
6	0.2683	0.7439	0.7439	0.8415	
7	0.6463	0.8049	0.8049	0.7805	
8	0.7317	0.8780	0.7683	0.8415	
9	0.2683	0.8780	0.8780	0.8537	
10	0.7927	0.9146	0.9146	0.8659	
11	0.6098	0.5488	0.5488	0.8659	
12	0.6707	0.9512	0.9512	0.4878	

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Variables - TEST

INPUT | TRAIN | TEST

5x4 double

	1	2	3	4	5
1	0.6220	0.9024	0.7683	0.6585	
2	0.6220	0.6220	0.8171	0.6585	
3	0.6341	0.9146	0.8659	0.4756	
4	0.3659	0.8780	0.8780	0.8780	
5	0.6707	0.5732	0.5732	0.6951	
6					
7					

Variables - VALID

INPUT | TRAIN | TEST | VALID

5x4 double

	1	2	3	4	5
1	0.6829	0.9024	0.9024	0.8171	
2	0.7317	0.9390	0.9390	0	
3	0.7317	0.7927	0.7805	0	
4	0.6220	0.7683	0.8537	0.7195	
5	1	0.9146	0.9024	0.8415	
6					
7					
8					

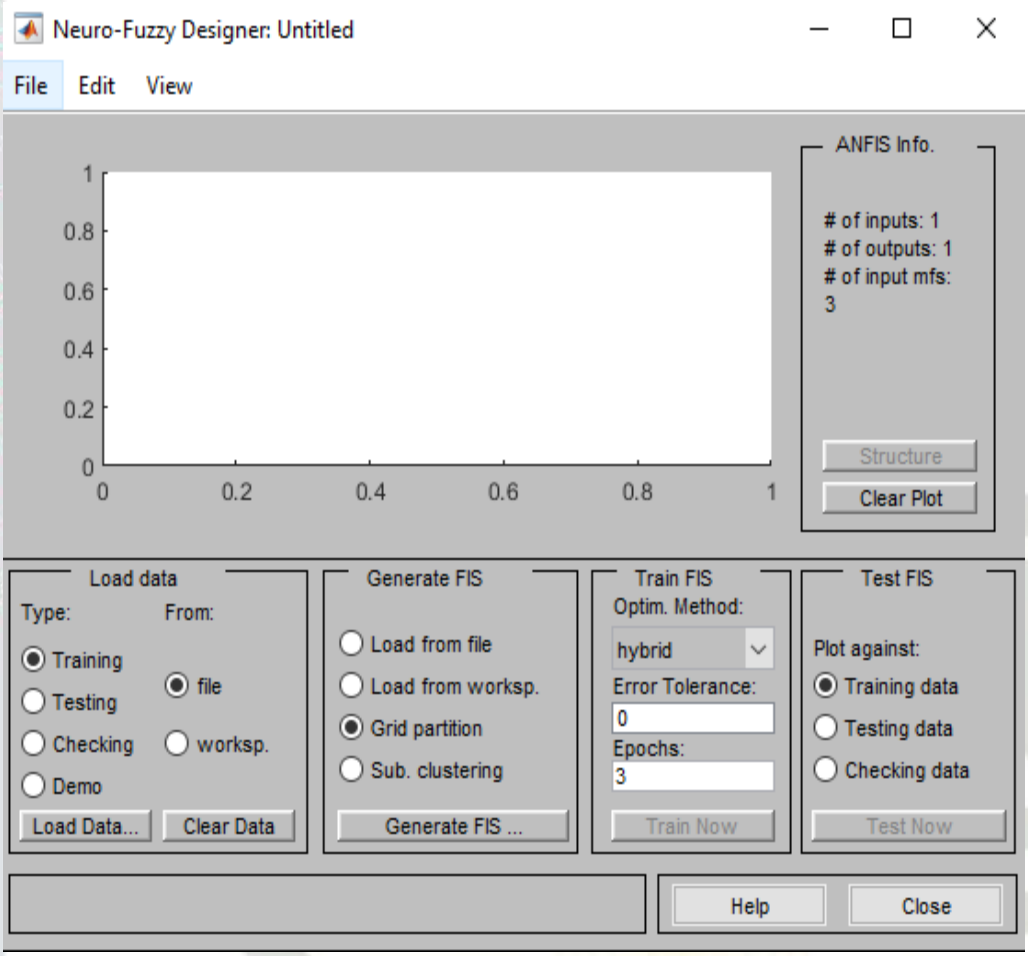
Command Window

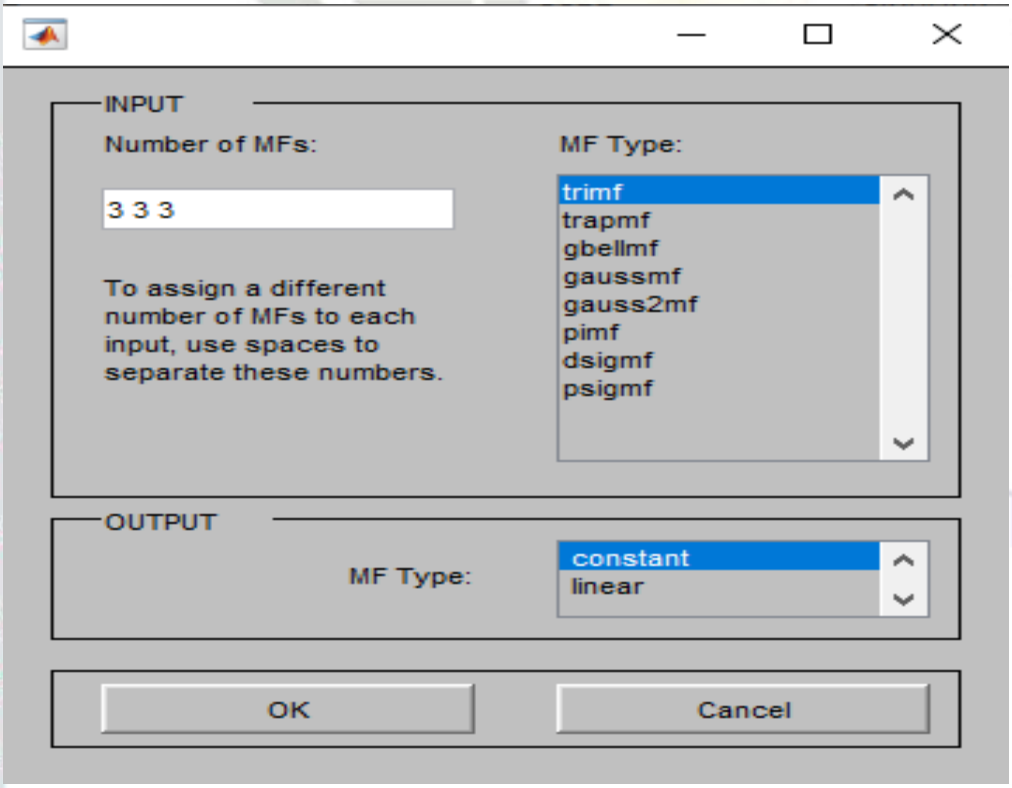
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

```
>> anfisedit
```

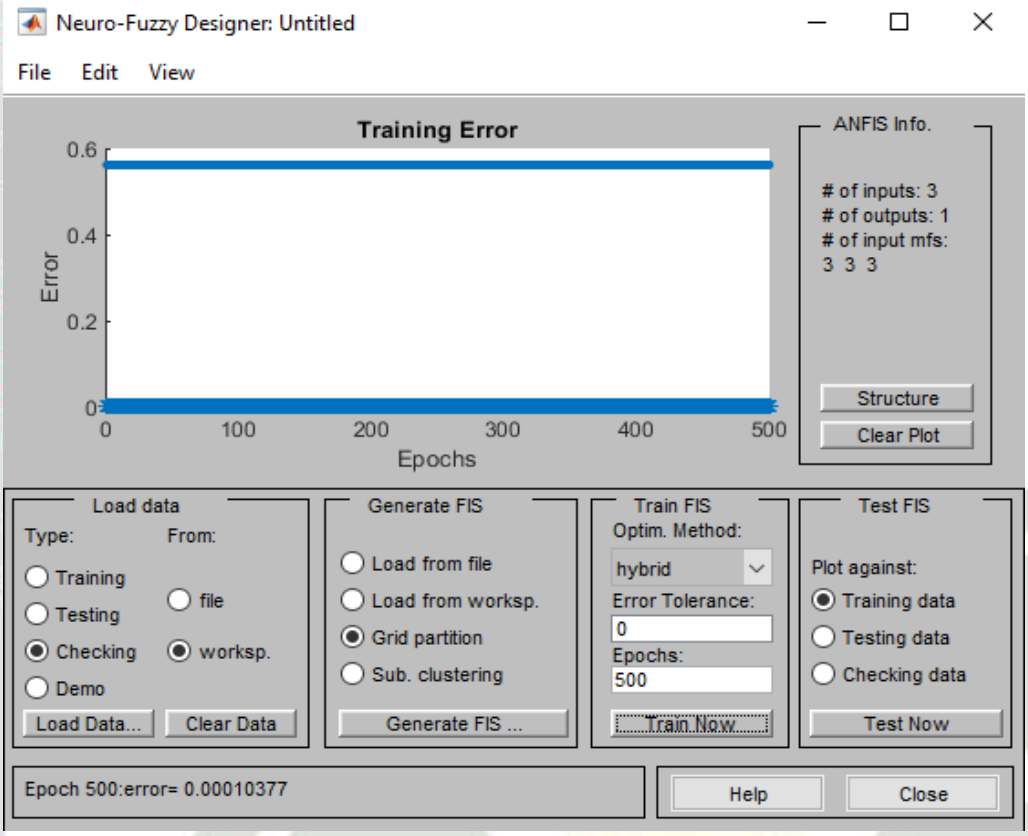
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

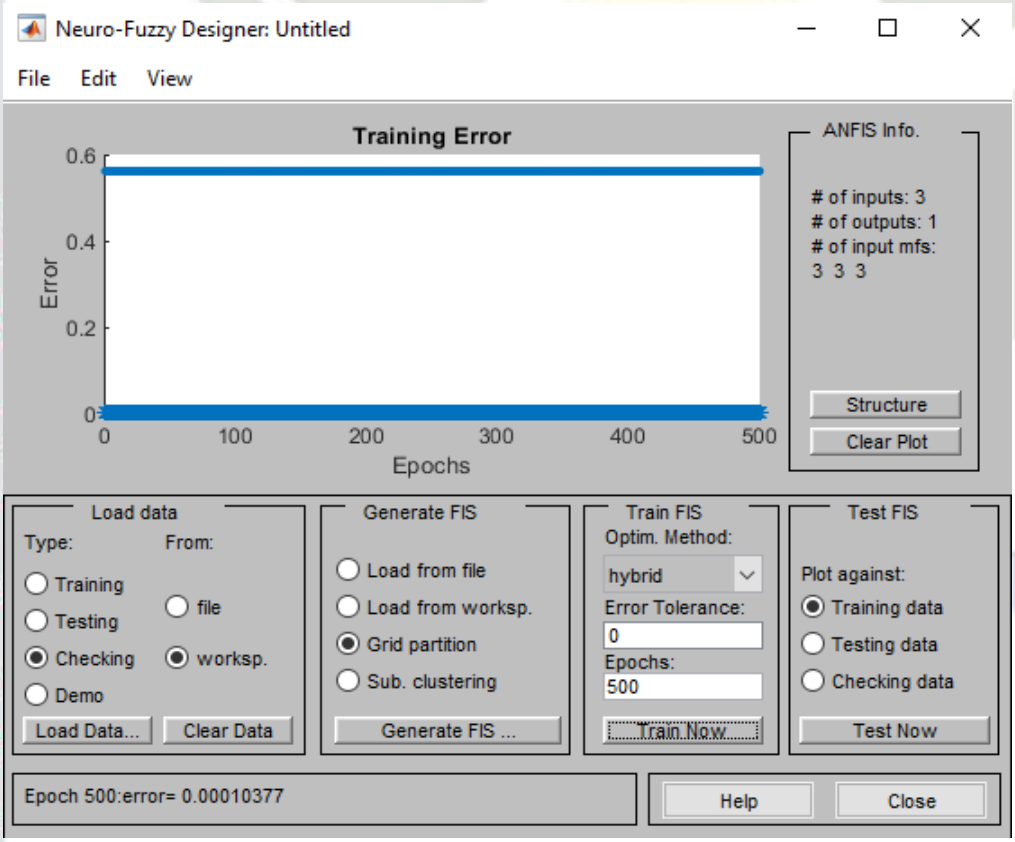
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

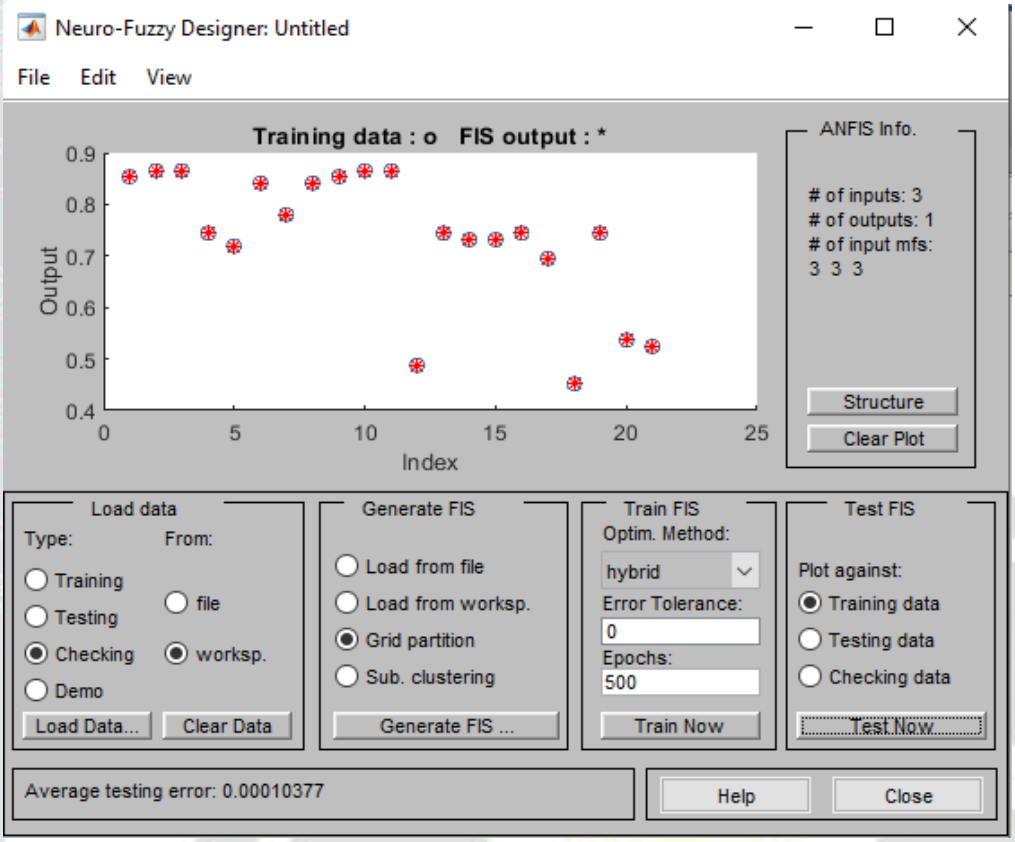




© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Command Window

New to MATLAB? See resources for Getting Started.

```
ANFISPredictTrainingData =

    0.8537
    0.8659
    0.8659
    0.7439
    0.7195
    0.8415
    0.7803
    0.8414
    0.8537
    0.8659
    0.8659
    0.4878
    0.7440
    0.7316
    0.7317
    0.7439
    0.6950
    0.4512
    0.7438
    0.5370
    0.5244
    0.6319
    0.8921
    0.6559
    0.9696
```

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PELATIHAN JARINGAN												
JANUARI	APRIL	MEI	JUNI	MIN	MAX	I1	I2	I3	OUTPUT	PERAMALAN	HASIL PERAMALAN	MAPE
MW	MW	MW	MW									
17,5	21,6	19,5	22,3	15,3	23,5	0,2683	0,7683	0,5122	0,8537	0,8537	22,30	1,5247E-05
17	21,6	19,5	22,4	15,3	23,5	0,2073	0,7683	0,5122	0,8659	0,8659	22,40	1,6964E-05
19,2	21,4	21,1	22,4	15,3	23,5	0,4756	0,7439	0,7073	0,8659	0,8659	22,40	1,6964E-05
19,5	21,6	20,4	21,4	15,3	23,5	0,5122	0,7683	0,6220	0,7439	0,7439	21,40	9,3458E-07
17	21,6	21,6	21,2	15,3	23,5	0,2073	0,7683	0,7683	0,7195	0,7195	21,20	4,7170E-06
17,5	21,4	21,4	22,2	15,3	23,5	0,2683	0,7439	0,7439	0,8415	0,8415	22,20	1,3514E-05
20,6	21,9	21,9	21,7	15,3	23,5	0,6463	0,8049	0,8049	0,7805	0,7803	21,70	7,0968E-05
21,3	22,5	21,6	22,2	15,3	23,5	0,7317	0,8780	0,7683	0,8415	0,8414	22,20	2,3423E-05
17,5	22,5	22,5	22,3	15,3	23,5	0,2683	0,8780	0,8780	0,8537	0,8537	22,30	1,5247E-05
21,8	22,8	22,8	22,4	15,3	23,5	0,7927	0,9146	0,9146	0,8659	0,8659	22,40	1,6964E-05
20,3	19,8	19,8	22,4	15,3	23,5	0,6098	0,5488	0,5488	0,8659	0,8659	22,40	1,6964E-05
20,8	23,1	23,1	19,3	15,3	23,5	0,6707	0,9512	0,9512	0,4878	0,4878	19,30	2,0725E-06
20,9	22,1	22,6	21,4	15,3	23,5	0,6829	0,8293	0,8902	0,7439	0,744	21,40	3,7383E-05
20,9	21,6	20,6	21,3	15,3	23,5	0,6829	0,7683	0,6463	0,7317	0,7316	21,30	4,1315E-05
20,9	22,6	20,6	21,3	15,3	23,5	0,6829	0,8902	0,6463	0,7317	0,7317	21,30	2,8169E-06
20,7	23,3	18,7	21,4	15,3	23,5	0,6585	0,9756	0,4146	0,7439	0,7439	21,40	9,3458E-07
21,2	22	21,8	21	15,3	23,5	0,7195	0,8171	0,7927	0,6951	0,695	21,00	4,7619E-05
19,8	19,1	20,2	19	15,3	23,5	0,5488	0,4634	0,5976	0,4512	0,4512	19,00	8,4211E-06
20,2	23,1	21,6	21,4	15,3	23,5	0,5976	0,9512	0,7683	0,7439	0,7438	21,40	3,9252E-05
20,8	22,1	21,4	19,7	15,3	23,5	0,6707	0,8293	0,7439	0,5366	0,537	19,70	1,7259E-04
20,8	21,6	20,2	19,6	15,3	23,5	0,6707	0,7683	0,5976	0,5244	0,5244	19,60	4,0816E-06
20,4	22,7	21,6	20,7	15,3	23,5	0,6220	0,9024	0,7683	0,6585	0,6319	20,48	1,0552E-02
20,4	20,4	22	20,7	15,3	23,5	0,6220	0,6220	0,8171	0,6585	0,8921	22,62	9,2523E-02
20,5	22,8	22,4	19,2	15,3	23,5	0,6341	0,9146	0,8659	0,4756	0,6559	20,68	7,6999E-02
18,3	22,5	22,5	22,5	15,3	23,5	0,3659	0,8780	0,8780	0,8780	0,9696	23,25	3,3365E-02
20,8	20	20	21	15,3	23,5	0,6707	0,5732	0,5732	0,6951	0,9097	22,76	8,3788E-02
20,9	22,7	22,7	22	15,3	23,5	0,6829	0,9024	0,9024	0,8171	0,6822	20,89	5,0271E-02
21,3	23	23	15,3	15,3	23,5	0,7317	0,9390	0,9390	0,0000	0,782	21,71	4,1911E-01
21,3	21,8	21,7	15,3	15,3	23,5	0,7317	0,7927	0,7805	0,0000	0,7271	21,26	3,8969E-01
20,4	21,6	22,3	21,2	15,3	23,5	0,6220	0,7683	0,8537	0,7195	1,285	25,84	2,1873E-01
23,5	22,8	22,7	22,2	15,3	23,5	1,0000	0,9146	0,9024	0,8415	1,1553	24,77	1,1592E-01
TOTAL MAPE												5%

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LAMPIRAN D

A. Spesifikasi Transformator Unit 2 GI Duri

B. Perhitungan Kapasitas Pembebanan Transformator

1. Tahun 2022

$$K = \frac{S}{Sr} \times 100$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$= \sqrt{20{,}92^2 + 6{,}2^2}$$

$$= \sqrt{437{,}64 + 38{,}44}$$

$$= \sqrt{476{,}08}$$

$$= 21{,}81\ MVA$$

$$K = \frac{21{,}81}{60} \times 100$$

$$= 36{,}35\ \%$$

2. Tahun 2023

$$K = \frac{S}{Sr} \times 100$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$= \sqrt{42{,}7^2 + 7{,}1^2}$$

$$= \sqrt{1823{,}3 + 50{,}41}$$

$$= \sqrt{1873{,}7}$$

$$= 43{,}28\ MVA$$

$$K = \frac{43{,}28}{60} \times 100$$

$$= 72{,}1\ \%$$

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

RIWAYAT HIDUP PENULIS

RYANDIKA MULIA, lahir di Duri pada 17 Juni 1999. Anak ke-2 dari 3 bersaudara, dari pasangan ayahanda Arizon dan ibunda Septri Melia. Pendidikan formal yang ditempuh oleh penulis diawali pada tahun 2005 di SDN 018 Babussalam, lulus pada tahun 2011. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 3 Mandau, lulus pada tahun 2014. Setelah itu, penulis melanjutkan ke SMKN 1 Mandau dengan Jurusan Teknik Audio Video, lulus pada tahun 2017. Kemudian pada tahun 2017 melanjutkan studi ke Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis melaksanakan penelitian pada bulan 12 Agustus 2021 dengan judul "Analisis Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) dengan Pembebanan pada Transformator di Gardu Induk Duri Penyulang (Feeder) Mandau".

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.