

**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.

**PENYEIMBANGAN BEBAN TRANSFORMATOR 1MVA  
PADA 12 GEDUNG UIN SUSKA RIAU DENGAN  
METODE ALGORITMA GENETIKA  
TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

**SAID AHMAD NOBEL**

**11950515215**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2026**



**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**


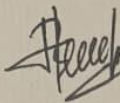
**PENYEIMBANGAN BEBAN TRANSFORMATOR IMVA PADA  
12 GEDUNG UIN SUSKA RIAU DENGAN METODE  
ALGORITMA GENETIKA**

**TUGAS AKHIR**

oleh:

**SAID AHMAD NOBEL**  
**11950515215**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro  
di Pekanbaru, pada tanggal 06 Januari 2026

<p><b>Ketua Prodi Teknik Elektro</b></p>  <p><b><u>Dr. Liliana, S.T., M.Eng</u></b> <b>NIP.19781012 200312 2 004</b></p>	<p><b>Pembimbing</b></p>  <p><b><u>Dr. Liliana, S.T., M.Eng</u></b> <b>NIP. 19781012 200312 2 004</b></p>
---	---



**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**

**PENYEIMBANGAN BEBAN TRANSFORMATOR 1MVA PADA  
12 GEDUNG UIN SUSKA RIAU DENGAN METODE  
ALGORITMA GENETIKA**

**TUGAS AKHIR**

oleh:

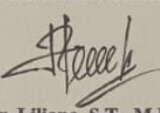
**SAID AHMAD NOBEL**  
**11950515215**

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 06 Januari 2026

Pekanbaru, 06 Januari 2026

Mengesahkan,

  
**Dekan Fakultas Sains dan Teknologi**  
**Dr. Yuslenita Muda, S.Si., M.Sc**  
**NIP: 19770103 200710 2 001**

**Ketua Prodi Teknik elektro**  
  
**Dr. Liliana, S.T., M.Eng**  
**NIP: 19781012 200312 2 004**

**DEWAN PENGUJI :**

<b>Ketua</b>	<b>: Aulia Ullah, S.T., M.Eng</b>	
<b>Sekretaris</b>	<b>: Dr. Liliana, S.T., M.Eng</b>	
<b>Anggota I</b>	<b>: Dr. Ir. Zulfatri Aini, S.T., M.T</b>	
<b>Anggota II</b>	<b>: Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc</b>	

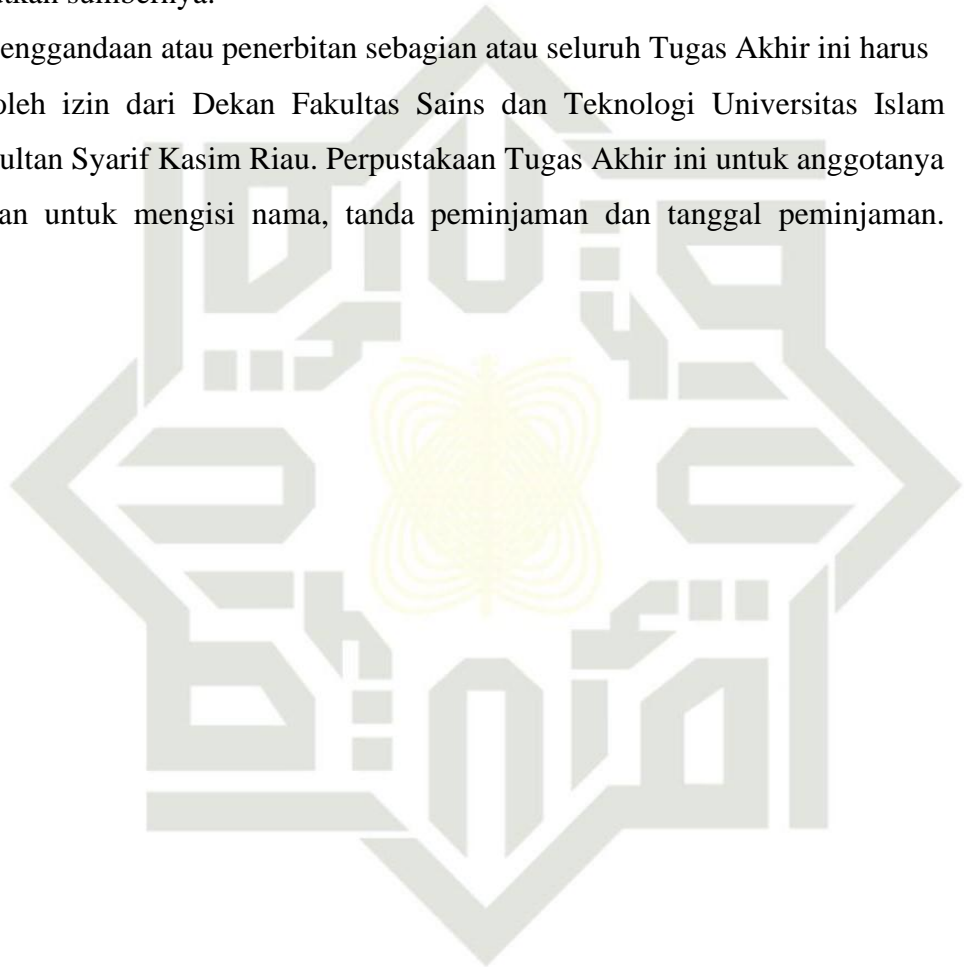




## LEMBAR ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL

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

Penggandaan 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 Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal peminjaman.



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.

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Said Ahmad Nobel  
 NIM : 11950515215  
 Tempat/Tgl. Lahir : Muara Bungo, 16 Juli 2000  
 Fakultas : Sains dan Teknologi  
 Prodi : Teknik Elektro  
 Judul Artikel : Penyeimbangan Beban Transformator IMVA Pada 12 Gedung  
 UIN Suska Riau Dengan Metode Algoritma Genetika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Penulis Artikel 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 Artikel saya ini sah, saya nyatakan bebas dari plagiasi.
4. Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam Artikel saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

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

Pekanbaru, 23 Januari 2026

Yang membuat pernyataan,


Said Ahmad Nobel  
NIM. 11950515215



## 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.

# PENYEIMBANGAN BEBAN TRANSFORMATOR 1MVA PADA 12 GEDUNG UIN SUSKA RIAU DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA

**SAID AHMAD NOBEL**

**11950515215**

Tanggal Sidang: 6 Januari 2026

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Jl.Soebrantas No.155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Ketidaksetimbangan beban pada transformator distribusi tiga fasa dapat menyebabkan rugi rugi daya pada sistem tenaga listrik, meningkatnya rugi-rugi daya, serta mempercepat penurunan umur transformator. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan mengoptimalkan penyeimbangan beban transformator distribusi 1 MVA yang menyuplai 12 gedung di UIN Sultan Syarif Kasim Riau menggunakan metode Algoritma Genetika. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif dengan data primer berupa hasil pengukuran arus dan tegangan pada fasa R, S, dan T. Hasil pengukuran awal menunjukkan arus pada fasa R, S, dan T masing-masing sebesar 740,8 A, 721,8 A, dan 601,8 A, dengan arus rata-rata sistem sebesar 688,1 A dan persentase pembebanan transformator sebesar 22,93%. Nilai koefisien ketidaksetimbangan yang diperoleh adalah  $a = 1,07$ ,  $b = 1,05$ , dan  $c = 0,87$ , sehingga persentase ketidaksetimbangan beban mencapai 11%, melebihi batas standar SPLN sebesar 10%. Kondisi ini menimbulkan arus netral sebesar 130 A dan rugi-rugi daya netral sebesar 11,57 W atau 277,82 Wh per hari. Setelah dilakukan penyeimbangan menggunakan Algoritma Genetika, arus pada fasa R, S, dan T menjadi 688.13 A, 688.13 A, dan 688.13 A, dengan persentase ketidaksetimbangan turun menjadi 0 %. Arus netral berkurang menjadi 0 A dan rugi-rugi daya menurun hingga 0 W atau sebesar 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa Algoritma Genetika baik dalam meningkatkan keseimbangan beban, mengurangi rugi-rugi daya, serta meningkatkan kesetimbangan pembebanan pada transformator distribusi.

**Kata Kunci:** Transformator Distribusi, Ketidaksetimbangan Beban, Algoritma Genetika, Rugi-Rugi Daya





**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.

# **LOAD BALANCING OF A 1 MVA TRANSFORMER IN 12 BUILDINGS AT UIN SUSKA RIAU USING GENETIC ALGORITHM METHOD**

**SAID AHMAD NOBEL**

**11950515215**

*Session Date: January 6, 2026*

*Electrical Engineering Study Program  
Faculty of Science and Technology  
Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University  
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

## **ABSTRACT**

*Load imbalance in three-phase distribution transformers can reduce power system, increase power losses, and accelerate transformer aging. This study aims to analyze and optimize load balancing of a 1 MVA distribution transformer supplying 12 buildings at UIN Sultan Syarif Kasim Riau using the Genetic Algorithm method. The research adopts a quantitative approach, with primary data obtained from measurements of current and voltage on the R, S, and T phases. Initial measurement results indicate phase currents of 740.8 A, 721.8 A, and 601.8 A for phases R, S, and T, respectively, with an average system current of 688.1 A and a transformer loading percentage of 22.93%. The calculated load imbalance coefficients are  $a = 1.07$ ,  $b = 1.05$ , and  $c = 0.87$ , resulting in a load imbalance percentage of 11%, which exceeds the SPLN standard limit of 10%. This condition produces a neutral current of 130 A and neutral power losses of 11.57 W or 277.82 Wh per day. After applying load balancing using the Genetic Algorithm, the currents in phases R, S, and T become evenly distributed at 688.13 A each, reducing the load imbalance percentage to 0%. Consequently, the neutral current decreases to 0 A and power losses are eliminated, reaching 0 W or a 100% reduction. These results demonstrate that the Genetic Algorithm is effective in improving load balance, reducing power losses, and enhancing the of distribution transformers.*

**Keywords:** *Distribution Transformer, Load Imbalance, Genetic Algorithm, Power Losses*



#### 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.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia serta hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan *Tugas Akhir* ini dengan waktu. Atas karunia Allah SWT, *Tugas Akhir* dengan judul **“Penyeimbangan Beban Transformator 1MVA Pada 12 Gedung UIN Suska Riau Dengan Metode Algoritma Genetika”** dapat diselesaikan penulis tepat waktu. Dalam penulisan *Tugas Akhir* ini, bimbingan dan pengarahan diberikan oleh orang-orang yang memiliki pengetahuan, wawasan, dan pengalaman luar biasa, sehingga penulisan *Tugas Akhir* ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Dalam proses penyelesaian *Tugas Akhir* ini, penulis menerima banyak bantuan, dorongan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penghargaan

dan ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada :

1. Allah SWT, dengan rahmat-Nya dan hidayah-Nya, telah memberikan segala yang terbaik dan petunjuk sehingga penyusunan laporan ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Kepada orang tua Ir. H. Riswandi Dt. Sirri Mangkuto. Terimakasih telah selalu mendoakan dan semua pengorbanan, kepercayaan, dan nasehat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan *Tugas Akhir* ini.
3. Terima kasih kepada diri sendiri atas usaha keras dan keteguhan untuk bertahan sejauh ini. Kemampuan dalam mengatur waktu, tenaga, dan pikiran memungkinkan penyelesaian *Tugas Akhir* ini tepat waktu.
4. Ibuk Prof. Dr. Hj. Leny Nofianti, MS., SE., M.SI., Ak selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya..
5. Ibuk Dr. Yuslenita Muda S.Si., M.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Staf dan jajarannya.
6. Ibuk Dr. Liliana, ST., M.Eng selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau.
7. Ibuk Dr. Liliana S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan





**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.

penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Bapak Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari awal semester hingga akhir semester.

9. Kepada dosen penguji, Ibu Dr. Ir. Zulfatri Aini, S.T., M.T dan Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc yang telah menguji penulis dari Seminar Proposal hingga Sidang Tugas Akhir, agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini menjadi suatu karya ilmiah yang bernilai serta bermanfaat.

10. Kepada *Support System* saya Faiza Samudra Rifai S.Si. Terimakasih atas segala doa, dukungan, motivasi, dan semangat nya dalam proses penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini.

11. Kepada rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2019. Terimakasih telah menemani dan memberi semangat penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Sebagai manusia biasa penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaa.

*Wassalamu'alaikum wr.wb*

Pekanbaru, 04 Januari 2026

Said Ahmad Nobel

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

	Halaman
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Masalah.....	I-3
1.4 Batasan Masalah .....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
2.2 Sistem Tenaga Listrik .....	II-3
2.3 Transformator .....	II-3
2.4 Transformator Distribusi.....	II-4
2.5 Karakteristik Transformator .....	II-5
2.5.1 Keadaan Transformator Tanpa Beban .....	II-5
2.5.2 Keadaan Transformator Dengan Beban.....	II-6
2.6 Ketidaksetimbangan Beban .....	II-6
2.7 Algoritma Genetika.....	II-8
2.7.1 Dasar Algoritma Genetika .....	II-8
2.7.2 Operasi Algoritma Genetika .....	II-8
2.7.2.1 Fungsi Evaluasi .....	II-8
2.7.2.2 Seleksi.....	II-9



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.

2.7.2.3 Pindah Silang.....	II-9
2.7.2.4 Mutasi .....	II-9
2.8 Matlab .....	II-9
<b>BAB III Metodologi Penelitian</b>	
3.1 Jenis Penelitian .....	III-1
3.2 Objek Penelitian.....	III-1
3.3 Langkah Penelitian .....	III-1
3.3.1 Data Penelitian .....	III-3
3.3.2 Menghitung Ketidaksetimbangan .....	III-5
3.3.3 Menghitung Arus Beban Penuh Pada Transformator .....	III-5
3.3.4 Menghitung Ketidaksetimbangan Beban Rata-rata Antara Fasa R, S, T.....	III-5
3.3.5 Menghitung Persentase Pembebanan Pada Transformator..	III-5
3.3.6 Menghitung Nilai Koefisien Ketidaksetimbangan.....	III-5
3.3.7 Menghitung Persentase Ketidaksetimbangan Beban .....	III-6
3.3.8 Penerapan Algoritma Genetika .....	III-6
<b>BAB IV Hasil dan Analisa</b>	
4.1 Hasil Ketidaksetimbangan .....	IV-2
4.2 Penyeimbangan Beban Menggunakan Algoritma Genetika.....	IV-3
4.2.1 Pembuatan Fungsi <i>Fitness</i> Algoritma Genetika .....	IV-4
4.2.2 Pembuatan fungsi ketidaksetimbangan.....	IV-4
4.2.3 Pembuatan Fungsi Parameter.....	IV-4
4.2.4 Pengaplikasian Algoritma Genetika pada Matlab.....	IV-5
4.3 Pemindahan Beban Pada 12 Gedung UIN Suska Riau.....	IV-8
4.4 Perbandingan Rugi-rugi Daya Sebelum dan Sesudah Penyeimbangan .....	IV-10
<b>BAB V Penutup</b>	
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran Penelitian .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	





**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

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Gambar Spesifikasi Transformator 1MVA pada 12 gedung UIN Suska Riau .....	II-4
Gambar 2.2. Transformator Distribusi .....	II-5
Gambar 2.3. Transformator tanpa beban.....	II-5
Gambar 2.4. Transformator dengan beban.....	II-6
Gambar 2.5. Siklus Algoritma Genetika .....	II-8
Gambar 2.6. Pindah Silang.....	II-9
Gambar 2.7. Mutasi.....	II-9
Gambar 2.8. Matlab <i>Simulation</i> .....	II-10
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian .....	III-1
Gambar 3.2 Pengukuran beban pada 12 gedung UIN Suska Riau.....	III-2
Gambar 4.1 Fungsi <i>Fitness</i> pada Matlab.....	IV-4
Gambar 4.2 Fungsi Ketidaksetimbangan Pada Matlab .....	IV-4
Gambar 4.3 Fungsi Parameter Algoritma Genetika .....	IV-5
Gambar 4.4 Contoh Data Dalam Bentuk File .csv .....	IV-5
Gambar 4.5 Contoh Gambar M-File untuk Matlab.....	IV-6
Gambar 4.6 Gambar menu <i>toolbar</i> pada matlab.....	IV-6
Gambar 4.7 Hasil <i>Output</i> Penyeimbangan Beban dengan Metode Algoritma Genetika .....	IV-7
Gambar 4.8 Gambar Grafik Persentase Ketidaksetimbangan Sebelum dan Sesudah Penyeimbangan Transformator 12 Gedung UIN Suska Riau.....	IV-8



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

	<b>Halaman</b>
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator Distribusi .....	III-3
Tabel 3.2 Data pembebanan distribusi pada transformator 12 gedung UIN Suska Riau Hari ke 1.....	III-4
Tabel 3.3 Data pembebanan distribusi pada transformator 12 gedung UIN Suska Riau Hari ke 2.....	III-4
Tabel 3.4 Data pembebanan distribusi pada transformator pada 12 gedung UIN Suska Riau hari ke 3.....	III-5
Tabel 4.1 Data perhitungan ketidaksetimbangan beban pada trafo 12 Gedung UIN Suska Riau.....	IV-3
Tabel 4.2 Nilai arus beban setelah penyeimbangan dengan Metode Algoritma Genetika pada Transformator 12 Gedung UIN Suska Riau .....	IV-7
Tabel 4.3 Nilai pemindahan arus beban dengan data <i>real</i> pada 12 gedung UIN Suska Riau.....	IV-8
Tabel 4.4 Data perhitungan ketidaksetimbangan beban pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau Sebelum Penyeimbangan .....	IV-10
Tabel 4.5 Data perhitungan ketidaksetimbangan beban pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau Setelah Penyeimbangan Beban dengan Metode Algoritma Genetika.....	IV-11

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

## DAFTAR RUMUS

	<b>Halaman</b>
(2.1) Menghitung arus beban penuh pada transformator ( $I_{fl}$ ) .....	II-6
(2.2) Rata-rata antara fasa R, S, dan T ( $I_{average}$ ).....	II-6
(2.3) Nilai koefisien ketidaksetimbangan ( $a$ ) .....	II-7
(2.4) Nilai koefisien ketidaksetimbangan ( $b$ ) .....	II-7
(2.5) Nilai koefisien ketidaksetimbangan ( $c$ ) .....	II-7
(2.6) Menghitung Persentase Beban Transformator ( $\% P_r$ ) .....	II-7
(2.7) Menghitung Persentase Ketidaksetimbangan ( $\% K_t$ ) .....	II-7
(2.8) Menghitung Arus Netral Transformator ( $I_n$ ) .....	II-7
(2.9) Menghitung rugi daya transformator akibat arus netral ( $P_n$ ) .....	II-7
(2.10) Mengevaluasi kualitas distribusi beban yang tidak seimbangan.....	II-8

UIN SUSKA RIAU





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Transformator adalah perangkat listrik yang dirancang untuk mengubah dan menyimpan energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Dalam penyalurannya, perangkat tersebut terdiri dari dua bagian penting, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder dalam prinsip induksi elektromagnetik [1]. Dalam operasi transformator juga dapat mengalami masalah yang mengakibatkan kurang optimalnya penyaluran energi ke konsumen, untuk itu perlu dilakukan pemeliharaan dan perawatan rutin untuk memastikan kinerja agar tetap optimal [1].

Masalah yang sering terjadi pada transformator meliputi *overcurrent*, tidak setimbangnya pembebanan tiap fasa. Masalah masalah tersebut dapat terjadi pada transformator akibat gagalnya sebuah komponen dalam melakukan tugasnya sehingga mempengaruhi penyaluran energi ke konsumen menjadi tidak optimal dan tidak sesuai dengan standar yang sudah ditargetkan [2][3].

Penyebab masalah *overcurrent* merupakan sebuah gangguan yang berasal dari arus lebih yang terdapat pada generator transformator disebabkan salah satunya akibat penggunaan beban yang berlebih di dalam unit pembangkitan atau bisa juga disebabkan karena arus yang sangat besar dengan durasi yang sangat lama melebihi arus dan waktu setting dalam keadaan transformator tersebut diberi tegangan [4][5]. Penyebab tidak setimbangnya pembebanan setiap fasa diakibatkan Pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat, beban seimbang jika masing-masing dari ketiga fasa mengalir arus yang sama besar nilai nya. Namun ketidakseimbangan sering terjadi, sehingga arusnya pun tidak seimbang. Secara teoritis arus ketidakseimbangan beban pada sistem tiga fasa R, S, T ini mengakibatkan timbulnya arus pada kawat netral sehingga menciptakan kerugian berupa; kerusakan pada trafo distribusi, rugi-rugi daya pada transformator tersebut [2].

Dampak dari *overheating* yang pertama yaitu kenaikan suhu yang berlebihan dapat mempercepat degradasi isolasi kertas dan minyak dalam transformator. Hal ini mengakibatkan penurunan kekuatan dielektrik dan umur isolasi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan transformator [6]. Lalu meningkatkan rugi-rugi daya dalam transformator, seperti rugi tembaga dan rugi inti besi. Peningkatan rugi-rugi ini menyebabkan kesetimbangan pembebanan pada transformator menurun, sehingga penyaluran daya listrik menjadi tidak optimal [7][8]. Lalu tidak setimbangnya dalam pembebanan pada setiap fasa meningkatnya rugi-rugi daya tersebut, baik saat ada beban maupun tanpa beban, hal ini juga akan berdampak ke biaya rugi-rugi daya [9], tidak sesuai penyaluran energi yaitu rugi daya listrik akibat



mengalirnya arus listrik pada penghantar netral keluaran trafo gardu distribusi selama pembebanan trafo [10][11],

Ketidaksetimbangan pembebanan pada fasa dapat menyebabkan mengakibatkan kerusakan, maka masalah yang ditemukan ialah tidak seimbangnnya penyaluran listrik pada setiap fasa yang mengakibatkan kurang optimalnya dalam penyaluran listrik [12]. Hal tersebut mengakibatkan tidak optimalnya dalam penyaluran energi listrik dan juga terjadinya rugi-rugi daya pada pedistribusian listrik [13]. Maka dari masalah tersebut dapat mempengaruhi kemampuan transformator dalam penyaluran energi yang dapat membuat usia pakai pada transformator menyusut [14].

Metode dalam penyeimbangan beban transformator distribusi ada beberapa macam, seperti: Metode *Fuzzy Logic*, *Defuzifikasi*, Metode *Fuzzy Logic Mamdani*, dan Metode Algoritma Genetika [15]. Teknik optimasi adalah suatu usaha atau kegiatan untuk mendapatkan hasil terbaik dengan persyaratan yang diberikan. Hasil yang didapat yaitu usaha yang minimal dan keuntungan yang maksimal, usaha yang minimal dan hasil yang maksimal dapat digambarkan sebagai fungsi variabel, sedangkan optimasi didefinisikan sebagai proses untuk mendapatkan fungsi tersebut [16].

UIN Sultan Syarif Kasim Riau merupakan pengguna listrik skala besar yang memiliki 2 transformator, yaitu transformator dengan daya 1MVA dan 500kVA. Pada transformator 12 gedung yaitu pembebanannya pada transformator 1MVA UIN Suska Riau pernah terjadi kerusakan pada transformator, kerusakan tersebut diakibatkan karena tidak setimbangnnya pembebanan pada setiap fasa transformator pada tahun 2020 [13], solusi yang diberikan dari pihak UIN Suska Riau dan PT. PLN (Persero) adalah dengan pergantian unit trafo yang baru dengan kapasitas yang sama pada tahun 2022 [13], hal tersebut dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi kedua belah pihak tersebut.

Pada tahun 2023, ketidaksetimbangan pembebanan pada Transformator 12 gedung UIN Suska Riau yaitu 66,67% [13]. Dari uraian di atas, melakukan penyeimbangan transformator dapat mengurangi persentase ketidaksetimbangan beban dan juga dapat mengatasi beban transformator [17], Metode Algoritma Genetika memiliki kelebihan yang mampu menangani masalah optimasi multi-parameter yang kompleks. transformator sering menghadapi tantangan dalam distribusi beban yang tidak merata, yang dapat menyebabkan panas berlebih, rugi-rugi daya, dan penurunan umur unit transformator [16]. Teknik ini dapat mempertimbangkan berbagai batasan seperti kapasitas transformator, fluktuasi beban, dan prioritas tertentu dalam sistem distribusi [16]. Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti berjudul **“Penyeimbangan Beban Transformator Pada 12 Gedung UIN Suska**



Riau Dengan Metode Algoritma Genetika” dengan melakukan penyeimbangan beban pada fasa R, S dan T pada 12 gedung UIN Suska Riau menggunakan metode Algoritma Genetika.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung ketidaksetimbangan pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau?
2. Bagaimana penyeimbangan beban setiap fasa pada Transformator 12 Gedung UIN Suska Riau?
3. Di gedung mana saja pemindahan beban setiap fasa dari data 12 gedung UIN Suska?
4. Bagaimana rugi-rugi daya sebelum dan sesudah dilakukannya penyeimbangan?

## 1.3. Tujuan

1. Menghasilkan perhitungan ketidaksetimbangan beban di transformator pada 12 Gedung UIN Suska Riau.
2. Menghasilkan penyeimbangan beban pada Transformator pada 12 Gedung UIN Suska Riau.
3. Menghasilkan pemindahan beban untuk penyeimbangan beban setiap fasa dari data 12 gedung UIN Suska.
4. Menghasilkan perbandingan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah dilakukannya penyeimbangan.

## 1.4. Batasan Masalah

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada transformator distribusi berkapasitas 1 MVA dari pembebanan 12 gedung milik UIN Suska Riau.
- Penyeimbangan beban dilakukan dengan menggunakan data arus pembebanan dari 12 gedung yang terhubung ke transformator 1 MVA pada 12 gedung UIN Suska Riau tersebut.
- Penyeimbangan hanya difokuskan pada distribusi beban antar fasa (R, S, dan T) dengan pemindahan alokasi beban antar fasa, tanpa menambah atau mengurangi total beban yang ada.
- Penelitian ini tidak membahas transformator 500 kVA yang juga ada di UIN Suska Riau.
- Data pengukuran yang digunakan merupakan data yang diambil saat masa transisi perkuliahan dari luring ke semi daring, sehingga hasil pengukuran diasumsikan sebagai kondisi representatif selama masa tersebut.



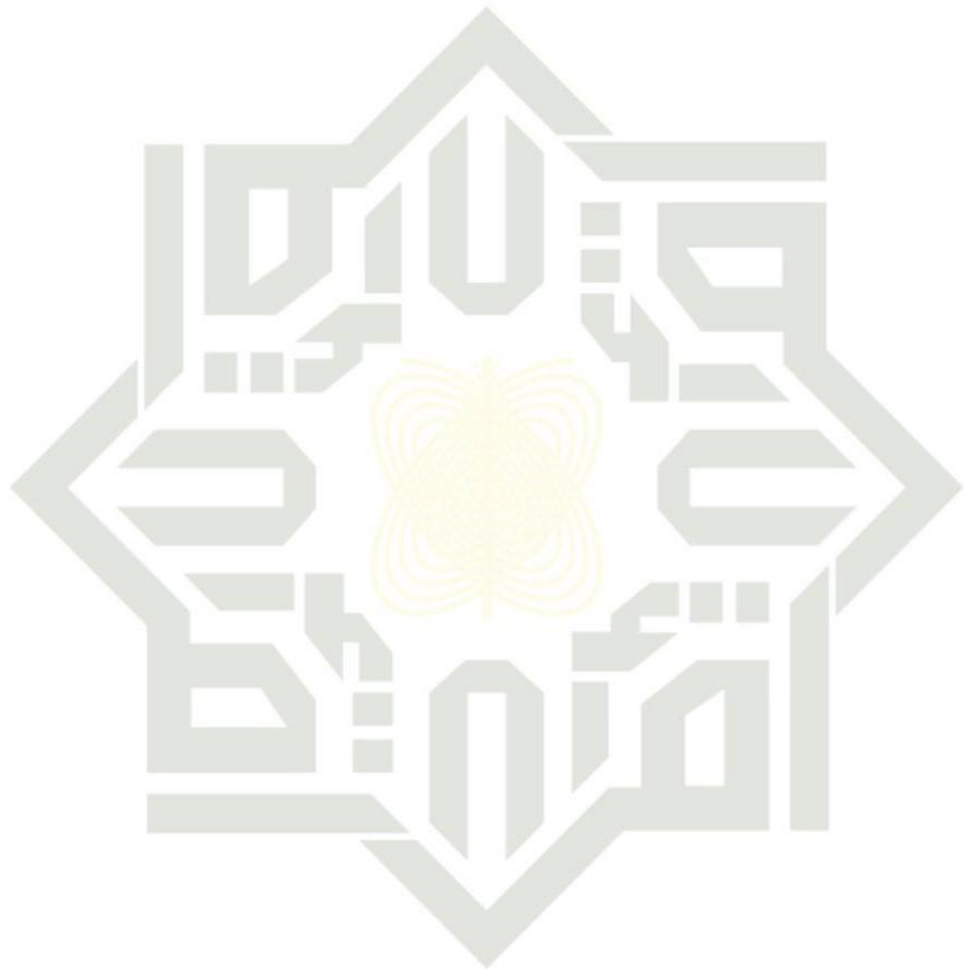


## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk dapat menyeimbangkan beban pada transformator distribusi, karena UIN Suska Riau merupakan aktivitas akademis yang selalu menggunakan dan membutuhkan peralatan listrik, dan selain aktivitas akademis juga ada kegiatan besar lainnya. Pihak teknisi UIN Suska Riau dan jajarannya dapat melakukan penyeimbangan beban fasa pada 12 gedung UIN Suska Riau sehingga dapat meminimalisir kerusakan pada transformator dan memperpanjang usia pemakaian transformator.

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



UIN SUSKA RIAU



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian ini, ada beberapa penelitian terkait yang akan dilakukan studi literatur berupa pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang hendak diselesaikan, menggunakan sumber seperti buku, artikel, dan jurnal terkait.

Pada penelitian ini telah dirangkum dari beberapa referensi terkait mengenai penyeimbangan beban transformator dengan metode algoritma genetika. Pada penelitian pertama yang berjudul “*Analysis of Imbalance Loads and Losses Based on The Largest Loading by 3 Units of 3 Phase Distribution Transformer*” yang pada penelitian tersebut membahas tentang ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi terjadi akibat perbedaan waktu penyalaan beban antar konsumen, sehingga menghasilkan arus netral yang menyebabkan rugi-rugi daya (*losses*). Penelitian ini menganalisis ketidakseimbangan beban pada tiga unit transformator di feeder Hangtuh dengan pembebanan melebihi standar IEC (80%) dan standar ketidakseimbangan beban (5%). Berdasarkan pengukuran dan simulasi ETAP 12.6.0, ditemukan bahwa transformator DRI 0241 memiliki ketidakseimbangan beban terbesar, dengan persentase 32,2% pada malam hari dan 29,8% pada siang hari. Arus netral yang timbul mencapai 45 A pada malam hari, menimbulkan *losses* sebesar 2,4%, sementara pada siang hari arus netral sebesar 33 A menyebabkan *losses* sebesar 1,2%. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar pembebanan transformator, semakin besar ketidakseimbangan beban dan *losses* yang dihasilkan, sehingga pemerataan beban diperlukan untuk mengurangi efek tersebut [12].

Demikian juga penelitian yang berjudul “*Estimated Cost of Power Losses Due to Imbalance, No-Load and On-Load on Transformers in 2023-2033*” yang dimana pada penelitian tersebut bertujuan untuk mengestimasi biaya rugi-rugi daya pada transformator berkapasitas 1 MVA di UIN Suska Riau selama periode 2023-2033 akibat tiga faktor utama, yaitu ketidakseimbangan beban, kondisi tanpa beban, dan kondisi berbeban. Ketidakseimbangan beban terjadi akibat perbedaan nilai arus pada masing-masing fasa (R, S, dan T), yang menyebabkan arus netral mengalir dan mengakibatkan rugi-rugi daya signifikan. Rugi-rugi akibat ketidakseimbangan beban menyumbang proporsi terbesar, yaitu 88,68% dari total biaya rugi-rugi daya, diikuti oleh rugi-rugi tanpa beban sebesar 11,10%, yang disebabkan oleh kehilangan daya di inti besi transformator. Sementara itu, rugi-rugi berbeban yang terjadi pada lilitan tembaga menyumbang 0,21% dari total biaya. Hasil analisis menunjukkan total biaya rugi-rugi daya selama sepuluh tahun mencapai Rp3,029 miliar. Penelitian ini menyoroti bahwa semakin besar



ketidakseimbangan beban, semakin tinggi pula rugi-rugi daya yang muncul. Oleh karena itu, upaya pemerataan beban dan pengelolaan transformator yang lebih baik diperlukan untuk meminimalkan kerugian daya dan biaya operasional [13].

Pada penelitian yang berjudul “*Balancing Load Outgoing* Transformator 2 di Politeknik Negeri Malang” yang pada penelitian tersebut bertujuan menganalisis ketidakseimbangan beban di Politeknik Negeri Malang, yang berpengaruh pada kualitas daya dan efisiensi sistem distribusi listrik. Selama periode pengukuran tujuh hari, teridentifikasi bahwa *unbalance load* mencapai 6,75% pada hari Jumat, melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh standar IEEE 446-1995. Ketidakseimbangan ini menghasilkan arus netral sebesar 34,4 A dan rugi daya sebesar 0,071 kW. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penyesuaian beban dengan memindahkan arus dari fase R ke fase S dan T, yang berhasil menurunkan *unbalance load* menjadi 3% dan arus netral menjadi 13,44 A. Temuan ini menunjukkan bahwa penyeimbangan beban sangat penting untuk meningkatkan efisiensi transformator dan mengurangi kerugian energi dalam sistem distribusi listrik [14].

Pada penelitian yang berjudul “*Efficient Finite Element Models for Calculation of the No-load losses of the Transformer*” Dalam penelitian ini, berbagai model transformator dianalisis untuk perhitungan kerugian tanpa beban menggunakan analisis elemen hingga (FEA). Model analisis elemen hingga dua dimensi dan tiga dimensi digunakan untuk simulasi transformator, dengan hasil yang dibandingkan dengan hasil eksperimental. Temuan menunjukkan bahwa model tiga dimensi memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan model dua dimensi, meskipun model dua dimensi setengah lebih efisien dalam hal waktu komputasi. Penelitian ini berfokus pada transformator tiga fase 1250 kVA yang terbuat dari baja silikon berorientasi M5. Kerugian tanpa beban, yang terdiri dari kerugian arus eddy, kerugian histeresis, dan kerugian dielektrik, dihitung dan dibandingkan dengan metode analitis. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model tiga dimensi memiliki akurasi relatif 2,6% dibandingkan dengan pengukuran eksperimental, sedangkan model dua dimensi penuh dan setengah menunjukkan kesalahan relatif masing-masing 11,88% dan 12,22%. Penelitian ini menekankan pentingnya pemodelan yang akurat dalam pengembangan transformator dan memberikan kontribusi signifikan dalam optimasi desain untuk meminimalkan kerugian tanpa beban [9].

Pada penelitian yang berjudul "Optimasi Jaringan Distribusi Sekunder untuk Mengurangi Rugi Daya Menggunakan Algoritma Genetika" bertujuan untuk mengatasi masalah rugi daya dalam sistem distribusi listrik tiga fase akibat ketidakseimbangan beban. Dalam penelitian ini, pembagian beban yang optimal pada jaringan distribusi sekunder dilakukan dengan menggunakan Algoritma Genetika (GA), di mana posisi beban pada setiap bus dikodekan dalam





bilangan desimal dan disusun dalam kromosom. Proses optimasi melibatkan penggunaan operator genetika dan analisis aliran daya tiga fase, yang menunjukkan bahwa pada kondisi awal, rugi daya tercatat sebesar 652 Watt. Setelah dilakukan optimasi, rugi daya berhasil dikurangi menjadi 617Watt, yang berarti terjadi penurunan sebesar 5,3%. Penelitian ini juga menekankan bahwa keseimbangan beban, pemilihan kabel, dan penempatan trafo adalah faktor-faktor penting yang mempengaruhi efisiensi sistem distribusi. Dengan hasil ini, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengurangan kerugian daya dalam jaringan distribusi tegangan rendah, serta menunjukkan potensi penggunaan Algoritma Genetika dalam perancangan dan optimasi sistem distribusi listrik yang lebih efektif [16].

Berdasarkan dari penelitian-penelitian tersebut yang telah penulis jabarkan menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban merupakan faktor utama penyebab meningkatnya rugi-rugi daya dan biaya operasional transformator. Upaya penyeimbangan beban, baik melalui redistribusi manual maupun optimasi berbasis algoritma, sangat diperlukan. Metode *Genetic Algorithm* (GA) terbukti mampu memberikan solusi optimal dalam penyeimbangan beban transformator, sehingga dapat mengurangi rugi daya, pada sistem distribusi tenaga listrik.

## 2.2. Sistem Tenaga Listrik

Jaringan yang saling berhubungan antar satu sama lain untuk mengalirkan aliran listrik dari pembangkit ke penerima di sebut dengan sistem tenaga listrik atau disebut juga dengan STL. STL tersusun atas komponen-komponen seperti pembangkit, jaringan transmisi, dan jaringan distribusi [2]. Sistem-sistem inilah yang saling terhubung dan bekerja, sehingga membentuk suatu sistem tenaga listrik. Komponen dalam sistem tenaga listrik memiliki fungsi yaitu:

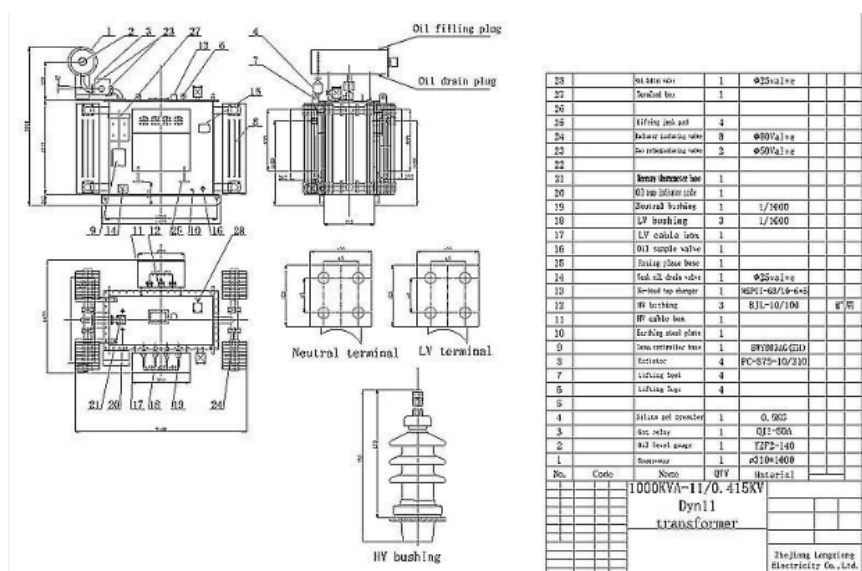
1. Pembangkit, berfungsi sebagai produsen energi, yaitu tempat dimana listrik akan di bangkitkan. Pembangkit listrik yang kerap digunakan adalah Gardu listrik yang akan mengaliri listrik ke transmisi, distribusi, hingga ke pelanggan [18].
2. Transmisi, merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menghantarkan listrik dari pembangkit menuju jaringan distribusi [18].
3. Distribusi, adalah komponen yang berfungsi mengalirkan listrik pada para pengguna listrik yang memiliki klasifikasi tegangan rendah yaitu 220V atau 380V [18].

Ketiga komponen tersebut saling bekerja untuk mengalirkan arus listrik kepada pengguna. Dan semua komponen ini diharapkan bisa berjalan dengan baik sebagaimana sesuai dengan fungsinya masing-masing, maka listrik dapat sampai kepada pengguna dengan tanpa adanya gangguan.



### 2.3. Transformator

Transformator adalah suatu rangkaian listrik dalam ukuran besar yang dapat memindahkan dan merubah berupa energi listrik dari sebuah rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, yang dimana dalam proses tersebut melalui sebuah gandingan magnet yang berdasarkan prinsip-prinsip *electromagnet* [2].



Gambar 2.1. Gambar Spesifikasi Transformator 12 gedung UIN Suska Riau

Transformator dapat digunakan dalam skala kecil maupun skala besar, baik sebagai tenaga listrik maupun elektronika [19]. Penggunaan transformator yang handal dan sederhana dapat memungkinkan dipilihnya tegangan sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran energi listrik.

### 2.4. Tranformator Distribusi

Pada sistem distribusi listrik yang ada di Indonesia, tegangan dibangkitkan pada pembangkit listrik sebesar 13,8 KV. Lalu tegangan dinaikkan untuk disalurkan ke jalur transmisi listrik sebesar 150 KV. Tegangan pada jalur transmisi yaitu sebesar 150 KV ini diturunkan kembali untuk didistribusikan ke jalur distribusi listrik sebesar 20 KV [20].

Tegangan 20 KV ini disalurkan ke konsumen industri dan konsumen rumah tangga. Untuk konsumen rumah tangga tegangan 20 KV ini diturunkan kembali ke 380 V untuk pemakaian rumah tangga yaitu 220 Volt AC yang didapat dari tegangan 1 fasa ke netral dari 380 VAC [1]. Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk menaikkan dan menurunkan tegangan utama dari sistem distribusi listrik untuk tegangan pemanfaatan penggunaan



konsumen. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator step-down 20kV/400V yang akan didistribusikan ke pelanggan atau konsumen [20][21].

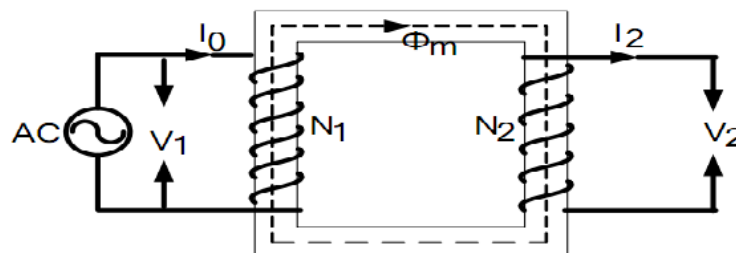


Gambar 2.2. Transformator Distribusi

## 2.5. Karakteristik Transformator

Karakteristik transformator terbagi menjadi dua bagian yaitu: (1). Transformator tanpa beban, (2) Transformator dengan beban. Dari dua karakteristik tersebut harus ditentukan salah satu dari pemilihan karakteristik tersebut, dengan beban maupun tanpa beban [1].

### 2.5.1. Keadaan transformator tanpa beban



Gambar 2.3. Transformator tanpa beban

Apabila kumparan primer pada transformator dihubungkan dengan sumber tegangan  $V_1$  yang *sinusoidal* dengan menganggap belitan  $N_1$  reaktif murni,  $I_0$  akan tertinggal  $90^\circ$  dari  $V_1$  dan fluks ( $\phi$ ) sefasa dengan,  $I_0$  [1].

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks yang bocor: Arus primer  $I_0$  yang mengalir dalam kenyataan bukan merupakan arus induktif murni, yang terdiri atas komponen :

1. Komponen arus pemagnetan ( $I_m$ ).
2. Komponen arus rugi tembaga ( $I_c$ ).

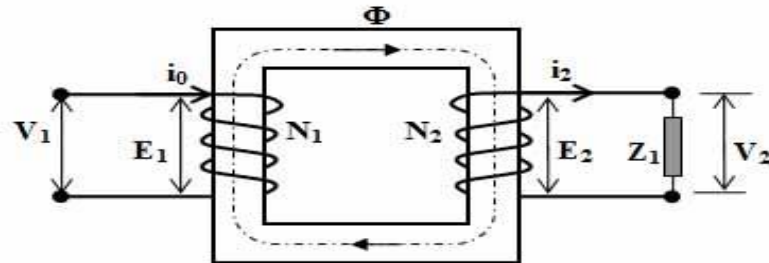




1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Fluks *sinusoidal* ini akan menghasilkan tegangan induksi  $E_1$  (Hukum *faraday*). Dalam hal ini tegangan induksi  $E_1$  mempunyai kebesaran yang sama yang berlawanan arah dengan tegangan sumber  $V_1$  [1].

## 2.5.2 Keadaan transformator dengan beban



Gambar 2.4. Transformator dengan beban

Apabila kumparan transformator sekunder digabungkan dengan beban  $Z_1, I_2$  mengalir pada kumparan sekunder, dimana  $I_2 = V_2/Z_1$  dengan  $\Theta_2 = m$  factor kerja beban.

Arus beban  $I_2$  ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (GGM)  $N_2 I_2$  yang cenderung menentang fluks ( $\phi$ ) Bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan  $I_m$ . Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir  $I_2$ , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban [20], hingga keseluruhan arus yang mengalir pada primer menjadi:

## 2.6 Ketidaksetimbangan beban

Fungsi objektif adalah dasar dari algoritma genetika yang digunakan untuk menilai kualitas setiap solusi yang dihasilkan. Pada dasarnya, beban listrik awalnya dibagi secara merata pada setiap fasa untuk menyuplai konsumen. Berdasarkan standar IEC, batas ketidakseimbangan beban yang diperbolehkan adalah sebesar 5%. Apabila ketidakseimbangan melebihi batas tersebut, arus netral akan meningkat. Peningkatan arus netral ini dapat menimbulkan rugi-rugi daya (losses) serta menurunkan kualitas daya, sehingga berdampak pada menurunnya kualitas sistem penyaluran listrik. Dalam penelitian ini,

Menghitung arus beban penuh pada transformator [13]:

$$I_{fl} = \frac{s}{\sqrt{3}V} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$I_{fl}$  = Arus beban penuh pada transformator (A)

S = Kapasitas daya transformator (VA)

V = Tegangan transformator/fasa (V)



Fungsi objektif yang digunakan untuk mengukur ketidakseimbangan beban rata-rata antara fasa R, S, dan T adalah sebagai berikut [22]:

$$I_{average} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$I_{avg}$  = Arus rata-rata

$I_r$  = Arus pada fasa R

$I_s$  = Arus pada fasa S

$I_t$  = Arus pada fasa T

Untuk menghitung nilai koefisien ketidaksetimbangan sebagai berikut [13]:

$$a = \frac{I_r}{I_{average}} \quad (2.3)$$

$$b = \frac{I_s}{I_{average}} \quad (2.4)$$

$$c = \frac{I_t}{I_{average}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$a$  = Nilai koefisien ketidaksetimbangan fasa R

$b$  = Nilai koefisien ketidaksetimbangan fasa S

$c$  = Nilai koefisien ketidaksetimbangan fasa T

$I_{average}$  = Arus rata-rata

$I_r$  = Arus pada fasa R

$I_s$  = Arus pada fasa S

$I_t$  = Arus pada fasa T

Apabila dengan pengukuran tersebut ditemukannya ketidaksetimbangan, maka perlu dilakukannya penyeimbangan.

Menghitung Persentase Beban Transformator [13].

$$\%P_r = \frac{I_{rata-rata}}{I_{fl}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$I_{fl}$  = Arus beban penuh pada transformator

$\%P_r$  = Persentase pembebanan transformator

$I_{average}$  = Arus rata-rata

Menghitung Persentase Ketidaksetimbangan [13].



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.

$$\% Kt = \frac{(|a-1|+|b-1|+|c-1|)}{3} \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan:

%Kt = Persentase Ketidaksetimbangan Transformator (%)

Menghitung Arus Netral Transformator [13].

$$I_n = \sqrt{(I_r^2 + I_s^2 + I_t^2) - (I_r \cdot I_s) - (I_r \cdot I_t) - (I_s \cdot I_t)} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$I_n$  = Arus Netral

Menghitung rugi daya transformator akibat arus netral

$$P_n = I_n^2 \times R_n \quad (2.9)$$

Keterangan:

$P_n$  = Rugi daya akibat arus netral transformator (W)

$R_n$  = Resistansi konduktor netral transformator ( $\Omega$ )

Kerugian energi akibat ketidaksetimbangan selama 24 jam atau perharinya

$$W = P_n \times 24 \text{ Jam} \quad (2.10)$$

Keterangan:

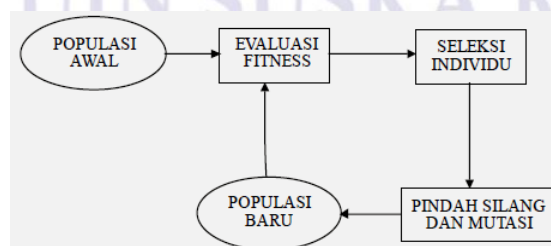
W = Energi (kWh)

## 2.7 Algoritma Genetika

### 2.7.1 Dasar Algoritma Genetika

Teknik optimasi adalah suatu usaha atau kegiatan untuk mendapatkan hasil terbaik dengan persyaratan yang diberikan. Hasil yang di dapat yaitu usaha yang minimal dan keuntungan yang maksimal, usaha yang minimal dan hasil yang maksimal dapat digambarkan sebagai fungsi variabel, sedangkan optimasi di definisikan sebagai proses untuk mendapatkan fungsi tersebut [16].

Setiap siklus yang dilalui memunculkan generasi baru yang memungkinkan sebagai solusi bagi permasalahan yang ada.



Gambar 2.5. Siklus Algoritma Genetika





## 2.7.2 Operasi Algoritma Genetika

Proses yang ada dalam algoritma genetika sangat sederhana, yaitu hanya melibatkan penyalinan string dan pertukaran bagian string. Proses algoritma genetika pada umumnya melibatkan seleksi, pindah silang, dan mutasi sebagai berikut: [16].

Dengan IR, IS, IT adalah total daya yang dialokasikan ke masing-masing fasa.

Contoh kromosom [R, S, T, R, S, T, R, S, T]

Keterangan: Apabila nilai *Fitness* semakin kecil maka semakin baik.

### 2.7.2.1 Fungsi Evaluasi

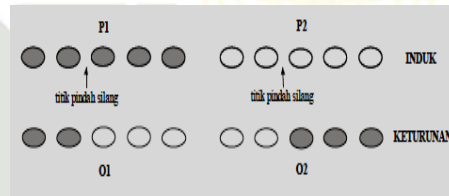
Fungsi evaluasi yang baik harus mampu memberikan nilai *Fitness* yang sesuai dengan kinerja kromosom. Pada permulaan optimasi, biasanya nilai *Fitness* masing-masing individu masih rentang yang lebar dan semakin kecil [16].

### 2.7.2.2 Seleksi

Meningkatnya tekanan seleksi akan berakibat pada minimnya keragaman populasi. Sebaliknya tekanan seleksi yang terlalu longgar membuat proses pencarian menjadi tidak efisien [16].

### 2.7.2.3 Pindah Silang

Pindah silang adalah operator genetika yang utama [16].



Gambar 2.6. Pindah Silang

Operator ini bekerja dengan mengambil 2 individu dan memotong string kromosom mereka pada posisi yang terpilih secara acak, untuk memproduksi dua segment *head* dan dua segment *tail* [16].

Contoh representasi kromosom *Crossover* distribusi beban yang dibuat secara acak dengan contoh awalan [R, S, T, R, S, T, R, S, T] menjadi [S, R, T, S, R, T, S, R, T] atau [T, S, R, T, S, R, T, S, R]

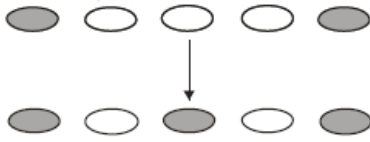
### 2.7.2.4 Mutasi

Operator mutasi digunakan untuk melakukan modifikasi satu atau lebih nilai gen dalam individu yang sama [16].



**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 2.7. Mutasi

Mengubah alokasi beban fasa secara acak, sebelum dilakukan mutasi: [R, S, T, R, S, T, R, S, T], dan setelah dilakukan mutasi: [R, S, R, R, T, T, S, S, T].



UIN SUSKA RIAU



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Perhitungan pembebanan Transformator 1 MVA Pada 12 Gedung UIN Suska Riau bekerja dengan pembebanan lebih dari kapasitas dan beban puncak mencapai lebih dari standar awal. Dengan persentase ketidakseimbangan awal tertinggi sebesar 11%, sehingga melampaui batas ketidakseimbangan 5–10% yang direkomendasikan SPLN dan berpotensi menimbulkan rugi-rugi daya serta percepatan penurunan umur trafo. Dari perhitungan tersebut, maka perlu dilakukannya penyeimbangan pembebanan pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau.
2. Penyeimbangan pembebanan pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau dengan menggunakan Metode Algoritma Genetika dengan menggunakan fungsi *fitness*, fungsi pindah silang, maka didapatkan hasil yang seimbang yang awalnya ketidaksetimbangan tertinggi yaitu 11% dan setelah dilakukannya penyeimbangan beban pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau dengan menggunakan Metode Algoritma Genetika didapatkan nilai ketidaksetimbangannya yaitu 0%.
3. Rekomendasi pemindahan pembebanan dengan penerapan Algoritma Genetika menghasilkan rekomendasi pemindahan pembebanan 12 gedung yang membuat arus tiap fasa mendekati nilai rata-rata sekitar 757.1 A, dengan persentase ketidakseimbangan turun dari kondisi awal yaitu menjadi 5.3%, sehingga secara teoritis mengurangi arus netral dan menjadi dasar rekomendasi konfigurasi pembebanan baru yang lebih seimbang pada transformator 12 Gedung UIN Suska Riau.
4. Perbandingan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah penyeimbangan. Sebelum penyeimbangan, ketidakseimbangan 11% menimbulkan arus netral sekitar 130 A, rugi-rugi daya netral sebesar 11,57 W, dan kerugian energi harian sekitar 277,82 Wh, sedangkan setelah penyeimbangan dengan rekomendasi pemindahan beban hasil Algoritma Genetika, arus netral dan rugi-rugi akibat ketidakseimbangan turun menjadi 0 sehingga potensi rugi-rugi daya pada transformator dapat diminimalisir.





## 5.2 Saran

### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Pengelola sistem kelistrikan UIN Suska Riau disarankan menerapkan rekomendasi pemindahan pembebanan 12 gedung hasil Algoritma Genetika sebagai acuan nyata, karena mampu menurunkan ketidakseimbangan pada transformator 12 gedung UIN Suska Riau, namun penyeimbangan tersebut harus sesuai dengan perhitungan teknisi pada UIN Suska Riau.
2. Perlu dilakukan pemantauan rutin arus fasa dan arus netral, serta evaluasi ulang persentase ketidakseimbangan minimal setiap periode tertentu, agar jika nilai ketidakseimbangan kembali mendekati atau melebihi 10% dapat segera dilakukan penyesuaian beban ulang.
3. Penelitian diharapkan untuk bisa dilanjutkan dengan memasukkan pengaruh variasi beban harian dan musiman, membandingkan performa Algoritma Genetika dengan metode lain (misalnya *Fuzzy Logic* atau kombinasi *GA-Fuzzy*), serta mengkaji dampak ekonomi jangka panjang dari pengurangan rugi-rugi daya yang diperoleh.



## DAFTAR PUSTAKA

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

[3]

[4]

[5]

[6]

[7]

[8]

[9]

[10]

[11]

M. D. T. Sogen, "Analisis Pengaruh Ketidaksetimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (PERSERO) Area Sorong," *Jurnal Elektro Luceat*, vol. Vol. 4 No.1, 2018.

J. F. Fawwas, S. Abduh, and T. K. Sari, "Analisis Penyeimbangan Beban Transformator Distribusi 400kva 20kv/400v Menggunakan Software ETAP 19.0.1," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, pp. 223–236, 2022, doi: 10.25105/jetri.v19i2.12892.

P. Mangera and D. Hardiantono, "Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 KV Pada PT. PLN (Persero) Cabang Merauke," *Jurnal MJEME*, vol. 1, no. 2, 2019.

I. M. Irianto and B. B. Murti, "Analisis Kegagalan Isolasi Pada Rel Trafo Utama 150 KV Di PT. Indonesia Power UPJP Bali Unit Pesanggaran," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2016.

S. Robiyah and E. Taryana, "Analisis Proteksi Relay Over Current Pada Generator Transformator Unit I PLTU Banten 2 Labuan Dengan Kapasitas 300 MW," 2018.

H. D. Fauzan, "Effect Of Temperature Of Transformer Operation On Electrical Characteristic Of Insulation Paper Soaked With Vegetable Oil, Mineral Oil And Synthetic Oil," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.

A. Monica Putri, Yassir, and Maimun, "Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 66 MVA Di PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW," *JURNAL TEKTRON*, vol. 4, no. 2, pp. 118–122, 2020.

S. Anisah, D. Putri Wardani, Rahmani, and Hamdani, "Analisa Over Current Relay (OCR) Pada Transformator Daya 60 MVA Dengan Simulasi MATLAB Di Gardu Induk Payageli," *Seminar of Social Sciences Engineering & Humaniora*, pp. 262–270, 2020.

K. Dawood, M. Aytac Cinar, B. Alboyacı, and O. Sonmez, "Efficient Finite Element Models for Calculation of the No-load losses of the Transformer," *International Journal Of Engineering & Applied Sciences*, vol. 9, no. 3, pp. 11–21, Aug. 2017, doi: 10.24107/ijeas.309933.

D. Ardianto, B. Utama, and M. Arsyad, "Penyeimbangan Beban Trafo Distribusi 3 Fasa pada Jaringan Tegangan Rendah (Studi Kasus PT. PLN (Persero) ULP Purwokerto Kota)," 2020.

H. Herlinda Haidir, A. Rizal Sultan, and A. Salim, "Optimalisasi Pembebanan Transformator Distribusi 20 KV dengan Penyeimbangan Beban pada Penyulang Hertasning," *Proceeding SNTEI*, pp. 367–373, 2019.



- [12] Z. Aini, E. Mutari, L. Liliana, and O. Candra, "Analysis of Imbalance Loads and Losses Based on The Largest Loading by 3 Units of 3 Phase Distribution Transformer," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 1, p. 69, Apr. 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i1.111965.
- [13] Z. Aini, S. Bandri, and Liliana, "Estimated Cost of Power Losses Due to Imbalance, No-Load and On-Load on Transformers in 2023-2033," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 8 No.1, no. 1, pp. 2023–2035, 2024, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- [14] A. N. Syamsiana, B. E. Prasetyo, H. Hassidiqi, and S. Faradilla, "Balancing Load Outgoing Transformator 2 di Politeknik Negeri Malang," *Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. Vol.10 No.3, 2023.
- [15] Y. Herawati and G. Nur, "Optimasi Penempatan Kapasitor Pada Sistem Tegangan Menengah Regional Jawa Barat," *TESLA*, vol. Vol.21 No.1, 2019.
- [16] N. Budiastara, O. Penangsang, D. Mauridhi, and H. Purnomo, "Optimasi Jaringan Distribusi Sekunder Untuk Mengurangi Rugi Daya Menggunakan Algoritma Genetika," *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, p. 1, 2006.
- [17] J. S. Setiadji, T. Machmudsyah, and Y. Isnanto, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi," 2006.
- [18] D. Suswanto, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Mahasiswa Teknik Elektro," 2009.
- [19] A. T. M. Nugraha, Sutisna, A. Andang, and M. A. Risnandar, "Analisis Penyeimbangan Beban Pada Transformator Di Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi," *JOURNAL OF ENERGY AND ELECTRICAL ENGINEERING (JEEE)*, vol. Vol. 3, No. 1, Apr. 2022.
- [20] M. Reza Yogatama, I. Made Yulistya Negara, and D. Fahmi, "Analisis Distribusi Medan Listrik Pada Bushing Trafo Menggunakan CST Studio Suite Dosen Pembimbing," 2016.
- [21] R. A. Abd El-Aal, K. Helal, A. M. M. Hassan, and S. S. Dessouky, "Prediction of Transformers Conditions and Lifetime Using Furan Compounds Analysis," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 102264–102273, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2931422.
- [22] K. Riyadi, "Metode Fuzzy Dalam Penyeimbangan Beban Transformator Di Sistem Distribusi Tenaga Listrik," *AINET*, vol. 5 No.1, no. 1, pp. 28–34, 2023.
- [23] M. E. Woka, J. Kristino Tuandali, M. Hayati, J. Saketa, N. Mananti, dan M. N. Dalengkade, "MATLAB Sebagai Media Pembelajaran Dasar-Dasar Komputasi Matriks," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. Vol.1 No.2, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal-adaikepri.or.id/index.php/JUPADAI>

#### 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.





- [24] M. Avif, A. H. Andriawan, and G. Dimas Prenata, “Analisis Pembebanan Transformator Daya 300 KVA Di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. SIER,” 2022.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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



# LAMPIRAN

## Hak Cipta

© Hak

au

f Sultan Syarif Kasim Riau

```

1 % =====PENYEIMBANGAN TRAF0 3 FASA DENGAN GA (PER HARI)=====
2 %
3 clc; clear; close all;
4 cd('C:\Users\saidn\Documents\MATLAB');
5
6 %% 1. BACA DATA CSV
7 opts = detectImportOptions('data_transformer_uin_suska.csv', ...
8 'Delimiter',';', 'DecimalSeparator','.');
9 data = readtable('data_transformer_uin_suska.csv', opts);
10
11 Hari = data.Hari;
12 if ~iscell(Hari)
13     Hari = cellstr(string(Hari)); % supaya bisa dipanggil Hari{i}
14 end
15
16 Ir0 = data.I_r;
17 Is0 = data.I_s;
18 It0 = data.I_t;
19
20 N = height(data);
21
22 fprintf('=== LOAD BALANCING TRAF0 3 FASA DENGAN GA PER HARI (PROPORSI) ===\n');
23 fprintf('Data %d hari berhasil dibaca.\n\n', N);
24
25 %% FUNGSI MENGUKUR KETIDAKSETIMBANGAN (%)
26 unbalance = @(IV) max(abs(IV - mean(IV))) / max(mean(IV), eps) * 100;
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87

```

```

30 %% PARAMETER GA
31 popSize = 80;
32 maxGen = 150;
33 tolFun = 1e-6;
34
35 options = optimoptions('ga', ...
36 'PopulationSize', popSize, ...
37 'MaxGenerations', maxGen, ...
38 'FunctionTolerance', tolFun, ...
39 'Display', 'off', ...
40 'PlotFcn', []);
41
42 nvars = 3;
43 lb = [0 0 0];
44 ub = [1 1 1];
45
46 %% VARIABEL HASIL
47 Ir_GA = zeros(N,1);
48 Is_GA = zeros(N,1);
49 It_GA = zeros(N,1);
50 unb0 = zeros(N,1);
51 unbGA = zeros(N,1);
52
53 %% 2. PROSES GA PER HARI
54 for i = 1:N
55     Ir_awal = Ir0(i);
56     Is_awal = Is0(i);
57     It_awal = It0(i);
58
59     I before = [Ir_awal, Is_awal, It_awal];

```

```

87 fprintf('Sesudah GA [R=%1.1f S=%1.1f T=%1.1f] (Unb=%1.2f%%), f=%1.4f\n', ...
88 Ir_GA(i), Is_GA(i), It_GA(i), unbGA(i), fval);
89 end
90
91 %% 3. SUSUN TABEL HASIL CSV (SEBELUM & SESUDAH PENYEIMBANGAN)
92 Delta_R = Ir_GA - Ir0;
93 Delta_S = Is_GA - Is0;
94 Delta_T = It_GA - It0;
95
96 Tout = table( ...
97 Hari, ...
98 Ir0, Is0, It0, ...
99 Ir_GA, Is_GA, It_GA, ...
100 round(unb0,2), round(unbGA,2), ...
101 round(Delta_R,2), round(Delta_S,2), round(Delta_T,2), ...
102 'VariableNames', { ...
103 'Hari', ...
104 'Ir_awal','Is_awal','It_awal', ...
105 'Ir_GA','Is_GA','It_GA', ...
106 'Unbalance_awal','Unbalance_GA', ...
107 'Delta_R','Delta_S','Delta_T'});
108
109 outFile = 'hasil_loadbalancing_GA_perHari.csv';
110 writetable(Tout, outFile);
111
112 fprintf('\n Hasil GA per hari disimpan ke: %s\n', outFile);
113 fprintf(' Kolom "GA_A" = arus setelah penyeimbangan.\n');
114 fprintf(' Kolom Delta_R/S/T = perubahan arus per fasa akibat penyeimbangan.\n');
115
116 %% 4. GRAFIK KETIDAKSETIMBANGAN SEBELUM & SESUDAH

```

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. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
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.

## Hak Cipta

```

115
116 %% 4. GRAFIK KETIDAKSEIMBANGAN SEBELUM & SESUDAH
117 figure('Name','Ketidakseimbangan Sebelum & Sesudah GA','Position',[150 150 800 400]);
118
119 x = 1:N;
120
121 plot(x, unb0, '-o', 'LineWidth', 1.8, 'Color', [0 0.447 0.741]); hold on;
122 plot(x, unbGA, '-s', 'LineWidth', 1.8, 'Color', [0.85 0.325 0.098]);
123
124 ylabel('Ketidakseimbangan (k)');
125 title('Ketidakseimbangan Sebelum dan Sesudah GA');
126 legend(['Sebelum GA', 'Sesudah GA'], 'Location', 'best');
127 grid on;
128
129 set(gca, 'XTick', x, 'XTickLabel', Hari);
130 xtickangle(45);
131
132 ymin = min([unb0; unbGA]);
133 ymax = max([unb0; unbGA]);
134 ylim([min(-1, ymin-1) ymax+2]);
135
136 for i = 1:N
137     text(x(i), unbGA(i)+0.3, sprintf('%.2f%%', unbGA(i)), ...
138         'HorizontalAlignment','center', 'FontSize', 8, 'Color', [0.85 0.325 0.098]);
139 end
140
141 %% 5. GRAFIK ARUS SEBELUM & SESUDAH GA
142 figure('Name','Arus Sebelum & Sesudah GA','Position',[100 100 1200 500]);
143
144

```

```

174
175 %% FUNGSI FITNESS & KONSTRAINT
176
177 function f = fitness_proporsi_hari(p, I_tot, unbalance)
178     p = max(p, 0);
179     p = p / (sum(p) + eps);
180
181     % Arus baru per fasa
182     I_after = p * I_tot;
183
184     % Hitung ketidakseimbangan
185     unb = unbalance(I_after);
186
187     f = unb;
188 end
189
190 function [c, ceq] = kons_proporsi(p)
191     c = [];
192     ceq = sum(p) - 1;
193 end

```

```

145 % SEBELUM PENYEIMBANGAN GA
146 subplot(1,2,1);
147 plot(x, Ir0, '-or', 'LineWidth', 1.5); hold on;
148 plot(x, Is0, '-^g', 'LineWidth', 1.5);
149 plot(x, It0, '-sb', 'LineWidth', 1.5);
150 ylabel('Arus (A)');
151 title('Sebelum GA');
152 legend(['I_r', 'I_s', 'I_t'], 'Location', 'best');
153 grid on;
154 set(gca, 'XTick', x, 'XTickLabel', Hari);
155 xtickangle(45);
156
157 % SESUDAH PENYEIMBANGAN GA
158 subplot(1,2,2);
159 plot(x, Ir_GA, '-or', 'LineWidth', 1.5); hold on;
160 plot(x, Is_GA, '-^g', 'LineWidth', 1.5);
161 plot(x, It_GA, '-sb', 'LineWidth', 1.5);
162 ylabel('Arus (A)');
163 title('Sesudah GA');
164 legend(['I_r', 'I_s', 'I_t'], 'Location', 'best');
165 grid on;
166 set(gca, 'XTick', x, 'XTickLabel', Hari);
167 xtickangle(45);
168
169 allAfter = [Ir_GA; Is_GA; It_GA];
170 ymin = min(allAfter);
171 ymax = max(allAfter);
172 margin = 0.05*(ymax - ymin + eps);
173 ylim([ymin - margin, ymax + margin]);
174

```

