



ANALISIS BIAYA RUGI-RUGI DAYA DAN *LIFETIME* TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DARI TAHUN 2023 – 2033

(Studi Kasus : ULP PT. PLN (Persero) Duri)

TUGAS AKHIR

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



Oleh:

IQBAL AZHAR

11655101169

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska R

amic 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.



Hak Cipta Diinaungi 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 BIAYA RUGI-RUGI DAYA DAN *LIFETIME* TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DARI TAHUN 2023 – 2033 (Studi Kasus : ULP PT. PLN (Persero) Duri)

TUGAS AKHIR

oleh:

IQBAL AZHAR

11655101169

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 6 Juli 2023

Ketua Program Studi

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing

Dr. Liliana, S.T., M.Eng.

NIP. 19781012 200312 2 004

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 BIAYA RUGI-RUGI DAYA DAN *LIFETIME* TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DARI TAHUN 2023 – 2033 (Studi Kasus : ULP PT. PLN (Persero) Duri)

TUGAS AKHIR

oleh:

IQBAL AZHAR

11655101169

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 6 Juli 2023

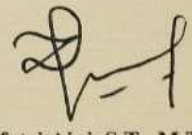
Pekanbaru, 6 Juli 2023

Mengesahkan,

Dekan

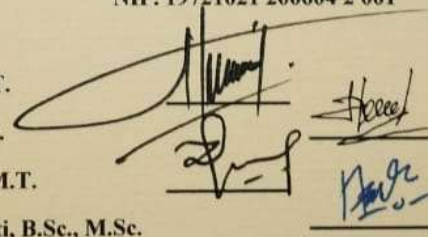

Dr. Hartono, M.Pd.
 NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Program Studi


Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
 NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Ahmad Faizal, S.T., M.T.
Sekretaris : Dr. Liliana, S.T., M.Eng.
Anggota I : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.
Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.

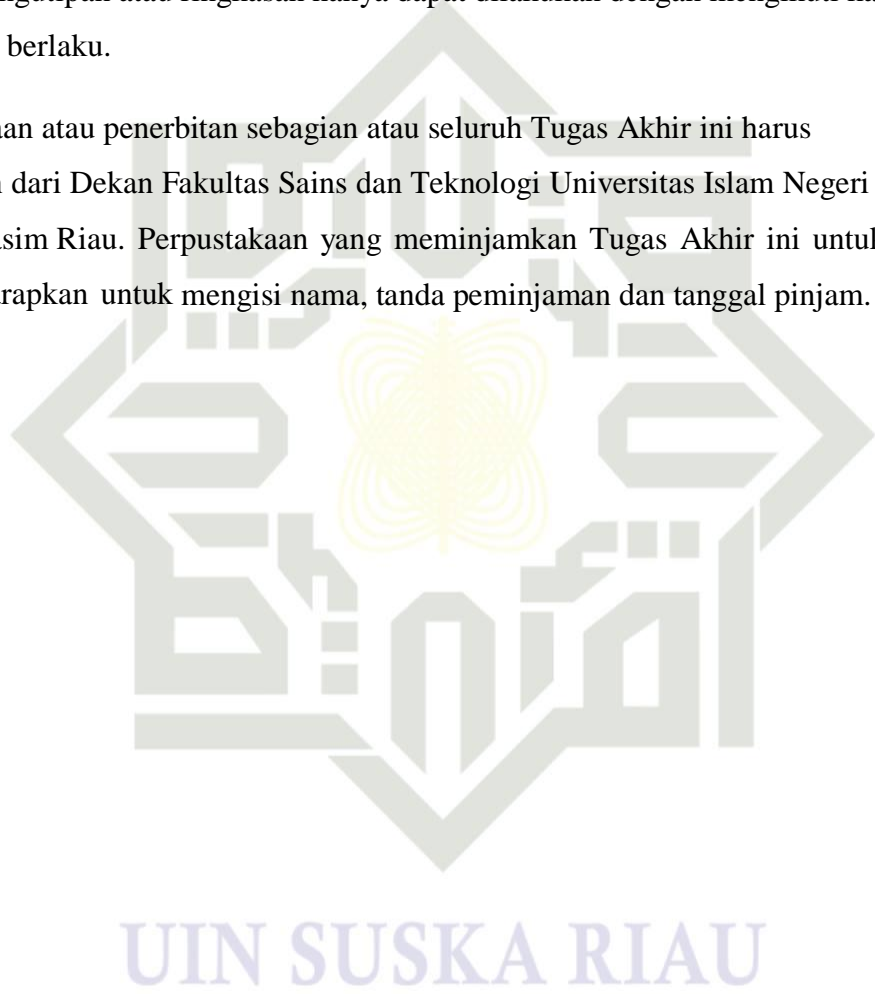




LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

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 yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.



- 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 PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 6 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



IQBAL AZHAR

11655101169

Tidak Cipta Dimungkinkan, 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 PERSEMBAHAN



“Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Robbmulah hendaknya kamu berharap”.

(Q.S Al-Insyirah ayat: 7-8)

Alhamdulillahirobbil'alamin....

Terima kasih ku ucapkan kepada mu ya Allah tuhan semesta alam, sujud syukur ku kusembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuahkan hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkan ku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do’a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu (manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk....

Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas kesabaran mu selama ini, terima kasih atas do’a semangat, motivasi, lidah, dan mulut yang tak pernah lelah menasihati ku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah ananda lakukan sehingga membuat hati Ayah dan Ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terima kasihku walau kasih dan sayang mu tak akan pernah bisa tergantikan semua pahala dan rezeki selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada Ayah dan Ibu.

“Jangan pernah takut, ragu, malas untuk melakukan sesuatu hal yang benar, karena sesuatu hal yang didasari dengan niat baik maka akan menghasilkan sesuatu yang baik pula. Jangan berputus asa dan lari dari setiap masalah yang datang hadapilah dengan segenap kekuatan yang ada dan iringi setiap perjuangan dengan do’a niscaya Allah memberikan jalan yang terbaik”

- 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.

ANALISIS BIAYA RUGI-RUGI DAYA DAN *LIFETIME* TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DARI TAHUN 2023 – 2033 (Studi Kasus : ULP PT. PLN (Persero) Duri)

IOBAL AZHAR
NIM: 11655101169

Tanggal Sidang : 6 Juli 2023

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Transformator adalah perangkat listrik yang merubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat dengan kopling magnetik dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Namun pada transformator terdapat biaya rugi-rugi daya yang membuat perusahaan listrik tidak mendapatkan keuntungan sepenuhnya. Selain susut energi transformator juga mengalami susut umur. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung biaya rugi-rugi daya untuk tahun 2023-2033 dan juga susut umur dari 2 transformator kapasitas 200 kVA dan 2 transformator 160 kVA. Pada penelitian ini biaya rugi-rugi daya dan susut umur dihitung berdasarkan rugi inti besi dan rugi tembaga. Hasil perhitungan untuk biaya rugi-rugi pada transformator DRI 360 adalah Rp 7.735.006,29, DRI 005 adalah Rp 9.450.728,5, DRI 485 adalah Rp 5.791.532,79, dan DRI 603 adalah Rp 4.687.339,04. Untuk hasil perhitungan susut umur dari keempat transformator didapatkan adalah 0,6 tahun, 1,44 tahun, 0,288 tahun, dan 0,048 tahun sehingga sisa umur keempat transformator diperkirakan 25 tahun, 9,72 tahun, 55,5 tahun, dan 375 tahun.

Kata kunci: Transformator, Biaya, Rugi-rugi daya, Rugi inti besi, Rugi tembaga, Susut umur.



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

ANALYSIS OF POWER LOSSES COST AND LIFETIME OF DISTRIBUTION TRANSFORMER FROM 2023-2033

(Case Study: ULP PT. PLN (Persero) Duri)

IOBAL AZHAR

Student Number: 11655100078

Date of Final Exam: on July 6, 2023

*Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street, Number.155 Pekanbaru*

ABSTRACK

The transformer is an electrical device that changes the alternating current voltage from one level to another with magnetic coupling and works on the principle of electromagnetic induction. However, the transformer has power loss costs which prevent the electricity company from fully benefiting. In addition to the loss of energy, the transformer also experiences loss of life. The purpose of this research is to calculate the cost of power losses for 2023-2033 and also the life losses of 2 transformers with a capacity of 200 kVA and 2 transformers of 160 kVA. In this research, the power losses and life losses are calculated based on iron core losses and copper losses. The calculation results for the cost of losses on the DRI 360 transformer is IDR 7,735,206.29, DRI 005 is IDR 9,450,728.5, DRI 485 is IDR 5,791,532.79, and DRI 603 is IDR 4,687,339.04. For the results of calculating the age losses of the four transformers, it is found that they are 0.6 years, 1.44 years, 0.288 years and 0.048 years so that the remaining lives of the four transformers are estimated to be 25 years, 9.72 years, 55.5 years and 375 years.

Keyword: Transformer, Cost, Power losses, Iron core losses, Copper losses, Age 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 satu 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



Assalammu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Biaya Rugi-Rugi Daya Dan Lifetime Transformator Distribusi Dari Tahun 2023-2033** (Studi Kasus : ULP PT. PLN (Persero) Duri. Shalawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapatkan syafa'at beliau.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus nya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Ayah, Ibu, dan keluarga yang telah mendo'akan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. K h a i r u n n a s , M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Sutoyo, S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Ahmad Faizal S.T, M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.
7. Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng., selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus pembimbing akademik yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.
8. Ibu Dr. Zulfatri Aini, ST., M.T., selaku Dosen penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.



Rak Cipta Dimindungi 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.

0. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc, selaku Dosen penguji II yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

1. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat.

2. Pimpinan, staff, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

3. Rekan-rekan Angkatan 2016 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

4. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

5. Rekan-rekan KKN Minas Jaya 2019 Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik di masa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca di masa mendatang. Amin.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Pekanbaru, 6 Juli 2023

UIN SUSKA RIAU

Iqbal Azhar



DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR RUMUS.....	xvii
BAB I.....	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
2.1 Studi Literatur.....	II-1
2.2 Transformator.....	II-2
2.3 Prinsip Kerja Dari Transformator.....	II-2
2.4 Transformator Daya.....	II-3
2.5 Transformator Distribusi.....	II-3
2.5.1 Transformator Distribusi Besar.....	II-3
2.5.2 Transformator Distribusi Sedang.....	II-3
2.5.3 Transformator Distribusi Kecil.....	II-4
2.6 Rugi Tenaga Listrik.....	II-4
2.7 Rugi-Transformator.....	II-4
2.8 Rugi Inti.....	II-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 satu 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.8.1 Rugi <i>Hysteresis</i>	II-5
2.8.2 Rugi eddy <i>current</i>	II-5
2.9 Rugi Tembaga	II-6
2.10 Faktor yang Mempengaruhi Beban	II-6
2.10.1 Beban Rata –rata (Pr)	II-6
2.10.2 Faktor Beban	II-6
2.10.3 Faktor <i>Responsibility</i> Puncak	II-6
2.10.4 Pertumbuhan Beban.....	II-7
2.10.5 Karakteristik Beban Transformator	II-7
2.10.6 Kurva Beban.....	II-8
2.10.7 Beban Puncak	II-8
2.10.8 Faktor Daya	II-8
2.11 Biaya Rugi - rugi Daya Pada Transformator	II-8
2.11.1 Biaya Rugi - rugi Daya Tanpa Beban.....	II-8
2.11.2 Biaya Rugi - rugi daya berbeban	II-8
2.11.3 Total Biaya Rugi-Rugi Daya	II-9
2.12 Susut Umur Transformator	II-10
2.13 <i>Hot Spot</i>	II-10
2.14 <i>Top Oil</i>	II-10
2.15 Rasio Pembebanan.....	II-10
2.16 Perbandingan Rugi	II-10
2.17 Kenaikan Temperatur Stabil <i>Top Oil</i>	II-11
2.18 Laju Penuaan Thermal Relatif	II-11
2.19 Susut Umur Transformator	II-12
2.20 Perkiraan Sisa Umur Transformator	II-12
BAB III	III-1
3.1 Data Penelitian.....	III-2
3.1.1 Spesifikasi Transformator Distribusi.....	III-2

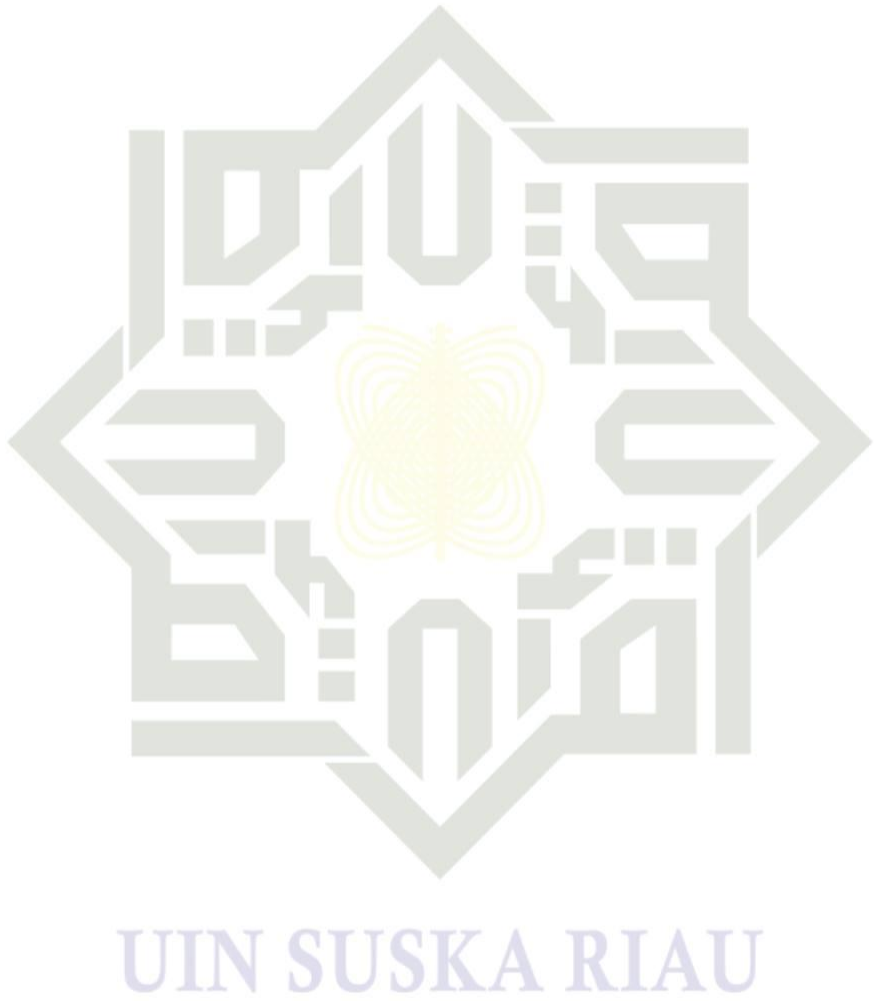


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

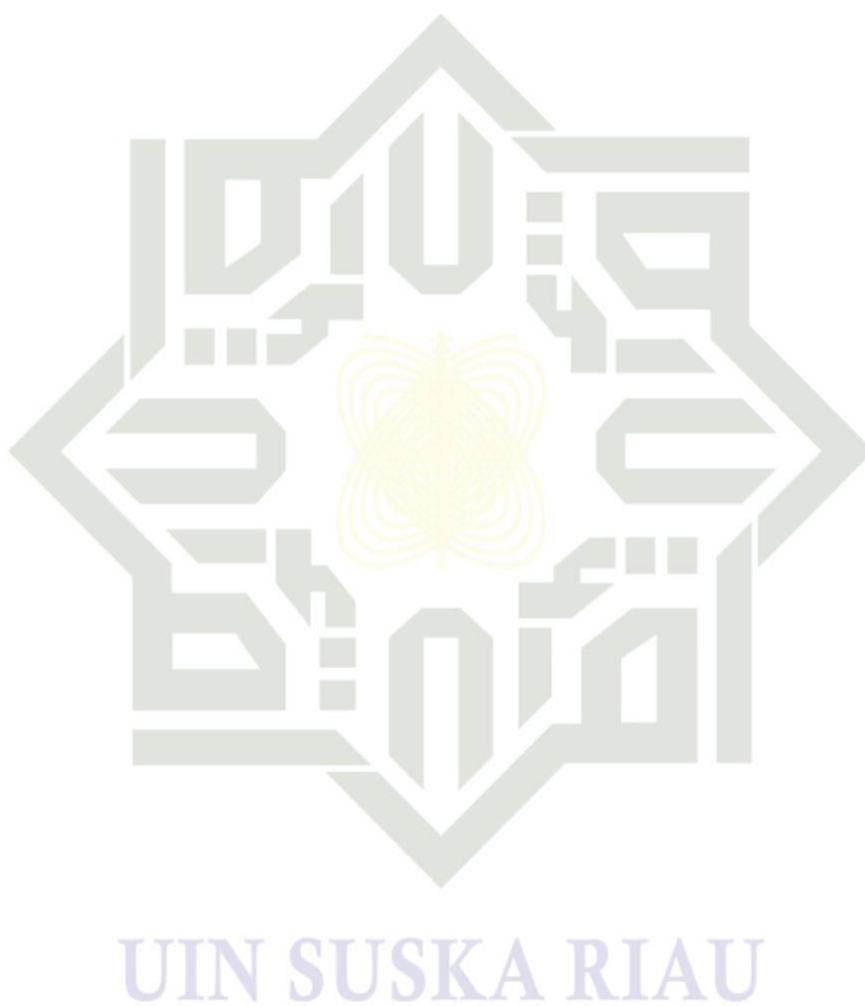
1.2	Data Beban Harian	III-3
1.3	Tingkat Pertumbuhan Beban	III-5
1.4	Biaya Tenaga Listrik	III-5
1.5	Tingkat Bunga Pertahun	III-6
1.6	Suhu Lingkungan Selama Satu Bulan	III-6
2	Biaya Rugi-Rugi Daya Tanpa Beban Pada Transformator	III-7
3	Biaya Rugi-Rugi Daya Berbeban Pada Transformator	III-7
3.4	Total Biaya Rugi-Rugi Daya Pada Transformator	III-8
3.5	Susut Umur Karena Suhu	III-8
3.5.1	Rasio Pembebanan.....	III-8
3.5.2	Perbandingan Rugi	III-8
3.5.3	Kenaikan Temperatur	III-8
3.5.4	Laju Penuaan Thermal Relatif.....	III-8
3.5.5	Susut Umur Transformator.....	III-8
3.5.6	Perkiraan Sisa Umur Transformator.....	III-8
3.6	Hasil dan Analisa.....	III-9
3.7	Kesimpulan.....	III-9
BAB IV		IV-1
4	Biaya Rugi-Rugi Daya Tanpa Beban	IV-1
4.2	Biaya Rugi-Rugi Daya Berbeban	IV-2
4.3	Total Biaya Rugi-Rugi Daya Transformator	IV-12
4.4	Susut Umur Transformator Karena Suhu	IV-15
4.4.1	Rasio Pembebanan.....	IV-15
4.4.2	Perbandingan Rugi	IV-16
4.4.3	Kenaikan temperatur	IV-17
4.4.4	Laju Penuaan Thermal Relatif.....	IV-20
4.4.5	Susut Umur Transformator.....	IV-21

4.6 Perkiraan Sisa Umur Transformator.....	IV-22
AB V	V-1
5. Kesimpulan.....	V-1
5. Saran	V-2
DAFTAR PUSTAKA.....	



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Grafik Pertumbuhan Beban Listrik	II-7



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.



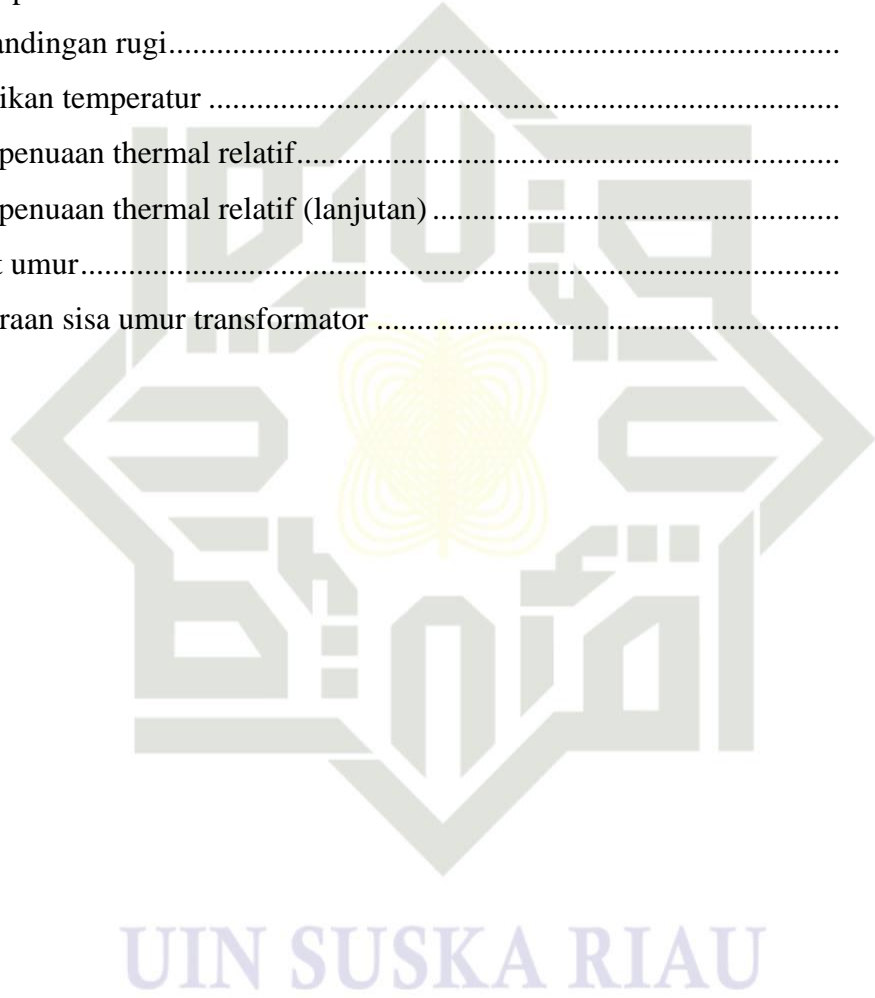
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator	III-2
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator (lanjutan).....	III-3
Tabel 3.2 Data Beban Harian DRI 360.....	III-3
Tabel 3.3 Data Beban Harian DRI 005.....	III-3
Tabel 3.3 Data Beban Harian DRI 005 (lanjutan).....	III-4
Tabel 3.4 Data Beban Harian DRI 485.....	III-4
Tabel 3.5 Data Beban Harian DRI 603.....	III-5
Tabel 3.6 Tingkat pertumbuhan beban	III-5
Tabel 3.7 Suhu lingkungan selama satu bulan	III-6
Tabel 4.1 Biaya rugi-rugi daya tanpa beban.....	IV-1
Tabel 4.1 Biaya rugi-rugi daya tanpa beban (lanjutan)	IV-2
Tabel 4.2 Daya beban pada tahun pertama.....	IV-3
Tabel 4.3 Perkiraan pertumbuhan daya beban DRI 360 untuk 10 tahun ke depan ...	IV-3
Tabel 4.4 Perkiraan pertumbuhan daya beban DRI 005 untuk 10 tahun ke depan ...	IV-4
Tabel 4.5 Perkiraan pertumbuhan daya beban DRI 485 untuk 10 tahun ke depan ...	IV-4
Tabel 4.6 Perkiraan pertumbuhan daya beban DRI 603 untuk 10 tahun ke depan ...	IV-5
Tabel 4.7 Daya rata-rata	IV-6
Tabel 4.8 Fator beban	IV-6
Tabel 4.9 Faktor kerugian.....	IV-7
Tabel 4.10 Nilai faktor K untuk 10 tahun kedepan	IV-8
Tabel 4.11 Biaya rugi daya berbeban DRI 360 untuk 10 tahun ke depan.....	IV-9
Tabel 4.12 Biaya rugi daya berbeban DRI 005 untuk 10 tahun ke depan.....	IV-9
Tabel 4.12 Biaya rugi daya berbeban DRI 005 untuk 10 tahun ke depan (lanjutan)	IV-10
Tabel 4.13 Biaya rugi daya berbeban DRI 485 untuk 10 tahun ke depan.....	IV-10
Tabel 4.14 Biaya rugi daya berbeban DRI 603 untuk 10 tahun ke depan.....	IV-11
Tabel 4.15 Biaya rugi daya berbeban 4 transformator	IV-11
Tabel 4.15 Biaya rugi daya berbeban 4 transformator (lanjutan).....	IV-12
Tabel 4.16 Biaya rugi-rugi daya DRI 360 10 tahun kedepan.....	IV-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 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.		
2.	Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.		
	Tabel 4.16	Biaya rugi-rugi daya DRI 360 10 tahun kedepan (lanjutan)	IV-13
	Tabel 4.17	Biaya rugi-rugi daya DRI 005 10 tahun kedepan	IV-13
	Tabel 4.18	Biaya rugi-rugi daya DRI 485 10 tahun kedepan	IV-14
	Tabel 4.19	Biaya rugi-rugi daya DRI 603 10 tahun kedepan	IV-14
	Tabel 4.20	Biaya rugi-rugi daya 4 transformator 10 tahun kedepan	IV-15
	Tabel 4.21	Rasio pembebanan	IV-16
	Tabel 4.22	Perbandingan rugi	IV-17
	Tabel 4.23	Kenaikan temperatur	IV-19
	Tabel 4.24	Laju penuaan thermal relatif	IV-20
	Tabel 4.24	Laju penuaan thermal relatif (lanjutan)	IV-21
	Tabel 4.25	Susut umur	IV-22
	Tabel 4.26	Perkiraan sisa umur transformator	IV-23





DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
Rumus 2.1 Faktor Kerugian	II-4
Rumus 2.2 Rugi <i>Hysteresis</i>	II-5
Rumus 2.3 Rugi Eddy <i>Curent</i>	II-5
Rumus 2.4 Rugi Inti Besi	II-5
Rumus 2.5 Rugi Tembaga	II-6
Rumus 2.6 Beban Rata-Rata	II-6
Rumus 2.7 Faktor Beban	II-6
Rumus 2.8 Pertumbuhan Beban	II-7
Rumus 2.9 Tingkat Pertumbuhan Beban Setiap Tahunnya	II-7
Rumus 2.10 Biaya Rugi Daya Tanpa Beban	II-8
Rumus 2.11 Biaya Rugi Daya Berbeban	II-9
Rumus 2.12 Smaks Untuk Tahun Pertama.....	II-9
Rumus 2.13 Smaks Untuk Tahun Berikutnya	II-9
Rumus 2.14 Faktor Pertumbuhan Beban.....	II-9
Rumus 2.15 Biaya Rugi-Rugi Daya Total.....	II-10
Rumus 2.16 Rasio Pembebanan	II-10
Rumus 2.17 Perbandingan Rugi	II-10
Rumus 2.18 Kenaikan Temperatur Stabil <i>Top Oil</i>	II-11
Rumus 2.19 Selisih Temperatur Antara <i>Hotspot</i> Dengan <i>Top Oil</i>	II-11
Rumus 2.20 Temperatur <i>Hotspot</i>	II-11
Rumus 2.21 Laju Penuaan Thermal Relatif.....	II-11
Rumus 2.22 Susut umur transformator.....	II-12
Rumus 2.23Perkiraan sisa Umur 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi modern di Indonesia membuat energi listrik menjadi salah satu kebutuhan penting bagi masyarakat Indonesia di masa teknologi modern ini karena sudah banyak peralatan yang membantu kegiatan manusia membutuhkan energi listrik. Penggunaan energi listrik berasal dari berbagai kalangan baik dari kalangan rumah tangga hingga ke kalangan industri[1]. Penggunaan listrik meningkat setiap tahun di kalangan rumah tangga dengan adanya pertumbuhan penduduk yang berarti bertambahnya pengguna peralatan listrik, sedangkan di kalangan industri meningkatnya penggunaan listrik ditandai dengan pertumbuhan ekonomi yang berarti meningkatnya penggunaan peralatan listrik di kalangan industri[1].

Perusahaan pembangkit listrik dibutuhkan oleh kalangan rumah tangga untuk penyediaan energi listrik. Untuk menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke konsumen dibutuhkan sistem tenaga listrik yang dimulai dengan unit pembangkit energi listrik yang kemudian dikirimkan ke sistem transmisi tegangan tinggi dan selanjutnya dikirimkan ke sistem distribusi dan akhirnya dikirimkan ke konsumen.

Namun energi listrik yang dikirimkan tidak sepenuhnya terkirim ke konsumen, hal ini membuat perusahaan listrik mengalami kerugian karena tidak mendapatkan keuntungan sepenuhnya dari biaya yang besar untuk membangkitkan daya karena adanya energi yang hilang pada saat penyaluran energi listrik. Peristiwa hilangnya energi ini disebut susut energi. Dimulai dari gardu induk ataupun distribusi hingga sampai ke konsumen, jika dalam proses pengiriman energi listrik tersebut adanya kehilangan atau pengurangan energi listrik maka kejadian itu disebut susut energi[2]. Rugi-rugi daya pada transformator, sambungan penghantar listrik yang panas, kesetidakimbangan beban, dan terlalu jauhnya saluran listrik adalah beberapa hal penyebab susut energi [3][4][5].

Selain susut energi, transformator juga mengalami susut umur. Susut umur adalah berkurangnya umur transformator yang disebabkan oleh beberapa hal seperti pembebanan, beban menyebabkan peningkatan suhu pada transformator. Panas yang dihasilkan menyebabkan material transformator mengalami degradasi yang dapat mempercepat penuaan transformator[6]. Ketika transformator dibebani akan terus menerus membuat

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



pada *hotspot* memanas, besarnya temperatur *hotspot* banyak dipengaruhi oleh perubahan besar pembebanan dan perubahan suhu lingkungan. Saat transformator mengalami kenaikan temperatur *hotspot*, maka nilai tahanan dari material transformator akan membesar karena faktor suhu. Semakin besar nilai tahanan transformator maka rugi – rugi transformator tersebut juga akan semakin besar. Perubahan nilai tahanan ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besar rugi tembaga pada transformator[7]. Keadaan transformator yang dibebani diatas 80% secara terus menerus dalam waktu yang lama akan menyebabkan peningkatan suhu *hotspot* yang diakibatkan oleh kenaikan beban yang akhirnya meningkatkan susut umur transformator[8]. Penyebab lain juga karena penuaan isolasi transformator karena adanya pengaruh thermal yang disebabkan oleh suhu lingkungan[9].

Terkait susut energi yang terjadi pada transformator dapat dikurangi dengan cara seperti mengganti tap konektor pada PHB-TR (Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah), penyeimbangan beban trafo dan memperhatikan rugi-rugi daya pada transformator[10]. Pengurangan susut energi pada transformator yang terjadi pada saat menyalurkan energi listrik kepada konsumen dapat dilakukan dengan memperhatikan rugi-rugi daya seperti rugi besi atau rugi daya tanpa beban atau rugi inti dan rugi tembaga atau rugi daya beban pada transformator, yang mana semakin kecil rugi daya yang terjadi pada transformator maka semakin kecil juga energi yang hilang dalam penyaluran energi listrik kepada konsumen[10]. Gaya gerak listrik yang terus mengalir di inti besi secara akan menyebabkan panas karena arus Eddy, yaitu rugi daya yang disebabkan oleh arus bolak-balik pada inti besi. Untuk memperoleh berapa besar rugi-rugi inti pada transformator dapat diketahui dengan cara memberi tegangan pada sirkuit trafo pada keadaan terbuka. Selain itu terdapat juga rugi terbeban yang terjadi karena tahanan di rangkaian yang dialiri oleh arus beban, rugi ini juga disebut rugi tembaga karena kerugian ini terjadi pada belitan tembaga transformator[5].

Terkait susut umur dapat dikurangi dengan beberapa cara seperti penambahan transformator distribusi sisipan untuk mengurangi beban transformator lain sehingga transformator tidak dibebani di atas 80%[8]. Mengurangi kenaikan suhu transformator yang berlebihan dengan menggunakan sistem pendingin untuk menyalurkan panas transformator keluar[8]. Memperhatikan suhu disekitar, pengalihan beban, dan juga meningkatkan kapasitas transformator (*uprating*)[11].

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

Setelah mengkaji rugi yang terjadi terhadap transformator, hal yang dapat dilakukan untuk tetap menjaga performa bisa dengan memilih atau menggunakan transformator yang mana nilai beban puncak masing masing pelanggan adalah 80% dari nilai daya transformator yang akan digunakan, karena transformator akan bekerja efektif saat dibebani dengan beban maksimal 80% dari kapasitas dayanya[12]. Dalam hal ini PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai pemasok tegangan listrik perlu mengevaluasi transformator yang ada pada gardu induk dalam melayani kebutuhan beban listrik konsumen karena kondisi pembebanan masih terjadi. Perlu dilakukan kajian berupa peramalan beban agar diketahui kapan akan terjadinya beban maksimal pada transformator tersebut. Apabila tidak, maka akan pembebanan berlebih ataupun pembebanan maksimal yang ada perlu diatasi dengan penambahan kapasitas pada atau penggantian pada transformator secara tidak terduga[13].

Setelah mengkaji faktor yang menyebabkan susut umur seperti yang telah dijelaskan sebelumnya[11]. Dapat kita ketahui berapa susut umur transformator tersebut, yang apabila diketahui maka dapat dicegah dengan perlu dilakukan kajian pembebanan dan penambahan beban untuk beberapa tahun yang akan datang[5][11]. Hal tersebut dilakukan agar penggunaan transformator bisa terus digunakan secara kontinu, dan kapan perlu dilakukan pergantian maupun penambahan kapasitas transformator sebelum transformator tersebut mengalami kerusakan atau sebelum melebihi standar pembebanan transformator[8]

Permasalahan terkait tentang susut energi harus menjadi hal yang penting diperhatikan di transformator sebagaimana di sistem distribusi di Kota Duri tepatnya pada 2 transformator distribusi *step down* 200 kVA dan 2 transformator distribusi *step down* 160 kVA yang berada pada penyulang Subrantas, Duri, Hangtuah, dan Sebang yang ditengahi oleh gardu induk Duri. Transformator tersebut perlu diperhatikan karena letaknya dipasar, yang mana disana terdapat banyak pengguna listrik dan juga terdapat beberapa pabrik, sehingga tingkat pertumbuhan disana meningkat dengan cepat. Disana juga mengalami susut energi listrik, karena pada setiap transformator sudah memiliki rugi inti besi dan rugi tembaga masing-masing yang tertera pada tiap transformator. Untuk mengurangi kerugian yang didapatkan karena kejadian ini, pekerja disana selalu melakukan pemeriksaan rutin dari waktu ke waktu terhadap kondisi pada setiap transformator yang mereka miliki yang dianggap kurang efisien dan memakan banyak waktu.[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.



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.

Berdasarkan IEEE masa pakai sebuah transformator adalah 20,55 tahun, tapi berdasarkan IEC tidak didefinisikan secara khusus, tetapi kebanyakan sampai 30 tahun [14]. Pendeknya umur transformator disebabkan oleh gangguan isolasi yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti, suhu lingkungan sekitar (*ambient temperature*), suhu titik panas (*hotspot*), variasi pembebanan yang didapat oleh transformator dan suhu minyak atas pada transformator tersebut. Hal terpenting untuk menentukan nilai efisiensi dari isolasi transformator adalah suhu *hotspot* [15].

Berdasarkan data Berita Resmi Statistik (BRS) Provinsi Riau pada tahun 2023, jumlah penduduk Kota Duri adalah sebesar 500 ribu jiwa atau sekitar 8,79% dari seluruh jumlah penduduk yang ada di Riau. Laju pertumbuhan beban listrik di Kota Duri selama 10 tahun berikutnya akan terus tumbuh begitu juga dengan pertumbuhan rumah tangga, perkembangan ekonomi, dan pertumbuhan jumlah penduduk, yang sejalan menurut aturan pemerintah yang dirancang sesuai aturan pemanfaatan daerah RT/RW, yang mana pertumbuhan beban puncak tertinggi selama periode perkiraan terdapat pada tahun 2019 sebesar 1,59% dari tahun sebelumnya. Oleh karena itu dibutuhkan penambahan maupun penggantian instalasi transformator yang dapat menanggung beban dalam menyalurkan listrik kepada konsumen dimasa yang akan datang untuk mengantisipasi *overcapacity* sehingga tidak mengalami beban puncak yang tinggi dan mendekati 80% pembebanan yang direkomendasikan oleh PT. PLN[16].

Untuk memilih transformator yang akan diganti perlu dianalisa terlebih dahulu yang akan diganti, analisa diperlukan untuk mengetahui transformator mana yang mengalami rugi rugi daya yang paling besar. Walaupun kedua transformator tersebut memiliki kapasitas daya yang sama, namun besarnya rugi-rugi daya yang terdapat pada kedua transformator tersebut berbeda. Diperlukan perhitungan dua transformator dengan kapasitas daya yang sama untuk dihitung rugi-rugi dayanya dan kemudian dibandingkan besar rugi-rugi daya diantara dua transformator tersebut. Transformator yang memiliki rugi-rugi daya lebih besar akan dipilih untuk penambahan maupun penggantian instalasi transformator yang dapat menanggung beban dalam menyalurkan listrik ke konsumen dimasa yang akan datang[5].

Berdasarkan deskripsi , maka penulis akan membahas “Analisis Biaya Rugi-Rugi Daya *Lifetime* Transformator Distribusi Dari Tahun 2023 - 2033”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka yang menjadi rumusan masalah

adalah :

1. Berapa biaya besar rugi daya yang terjadi pada transformator akibat rugi inti besi dan rugi tembaga?
2. Berapa total biaya rugi daya akibat rugi daya transformator?
3. Berapa besar susut umur transformator karena suhu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis besarnya biaya rugi daya yang terjadi pada transformator akibat rugi inti besi dan rugi tembaga
2. Menganalisis besarnya total biaya rugi akibat rugi daya transformator
3. Menganalisis besarnya susut umur transformator karena suhu

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, peneliti menetapkan batasan topik penelitian agar pembahasan terarah dan dapat mencapai hasil yang diharapkan dengan batasan masalah yang ada yaitu :

1. Penyebab rugi berdasarkan rugi inti besi dan rugi tembaga
2. Data transformator yang digunakan bersumber dari ULP PLN Duri
3. Transformator yang digunakan adalah transformator *step down* 3 fasa

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

Dapat mempelajari, mengetahui, dan memahami pengaruh rugi-rugi daya pada biaya penggunaan dan susut umur transformator

2. Bagi Lembaga Pendidikan

Sebagai bahan referensi bagi pihak yang membutuhkan

3. Bagi Perusahaan

Dapat menjadi masukan yang bermanfaat dalam evaluasi 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Didalam penelitian tugas akhir ini, referensi digunakan sebagai *literature review* agar hasil dan informasi lebih bermakna untuk digunakan dalam proses analisis data penelitian ini. Referensi terdiri dari beberapa jurnal yang berhubungan dengan subjek.

Pada Penelitian [5] dilakukan analisis pemilihan transformator untuk menentukan pemilihan transformator mana yang biaya rugi-rugi yang lebih besar dan lebih kecil diantara dua transformator yang berkapasitas sama yaitu 400 kVA menggunakan metode nilai tahunan. Total biaya rugi listrik yang dibebankan pada trafo pertama lebih kecil, yaitu Rp. 15.824.186,64 dibandingkan dengan trafo kedua yaitu Rp. 16.067.802,24.

Pada penelitian[11], dilakukan penelitian pengaruh beban puncak terhadap susut umur pada empat transformator dengan kapasitas berbeda yaitu 3 tranformator dengan kapasitas 200 kVa dan 1 transformator dengan kapasitas 160 kVA. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah semakin besar pembebanan maka semakin besar pula susut umurnya. Berdasarkan analisa transformator dengan pembebanan 90,3% mengalami susut umur sebesar 122%, sedangkan transformator dengan pembebanan 80,84% mengalami susut umur sebesar 39,6%.

Pada penelitian[17], analisis dilakukan bertujuan untuk mengetahui perbandingan rugi daya tanpa beban dan berbeban serta total biaya rugi-rugi daya menggunakan metode nilai tahunan. Dari hasil perhitungan rugi daya tanpa beban hasilnya konstan dan rugi daya berbeban selalu berubah-ubah setiap tahunnya. Hasil perhitungan total biaya rugi-rugi daya didapat biaya paling kecil pada tahun pertama yaitu sebesar Rp. 138.660.961 dan paling besar pada tahun ke-10 sebesar Rp. 346.036.012

Pada penelitian[3], diketahui suhu Kota Pontianak sekitar 30°C, maka pembebanan perlu disesuaikan agar susut umur tetap normal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformator yang beroperasi di Kota Pontianak tidak boleh dibebani melebihi 91% agar tidak membuat susut umur transformator meningkat terlalu besar.

1. Hak Cipta Dindingi Urang Pandang
a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



© Pada penelitian[9], dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pembebanan dan temperatur pada susut umur transformator, penelitian dilakukan pada 2 transformator berkapasitas 60 MVA. Berdasarkan hasil penelitian diketahui karena suhu kedua transformator tersebut tidak melebihi batas suhu yang diizinkan, maka susut umur yang dialami kedua transformator tersebut kurang dari 1%.

Adapun kelebihan penelitian ini dari studi literatur di atas adalah, penelitian ini melanjutkan penelitian[5] yang mana melakukan analisis pemilihan transformator berdasarkan biaya rugi-rugi daya untuk mengetahui biaya rugi-rugi daya pada transformator tersebut untuk 10 tahun kedepan. Namun kelebihan dari penelitian ini adalah data rugi tidak berbeban dan berbeban yang sebelumnya digunakan untuk menghitung biaya-rugi-rugi daya pada transformator digunakan lagi untuk menghitung pengaruh suhu pada susut umur transformator.

2.2 Transformator

Perangkat listrik yang merubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat dengan kopling magnetik dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnet adalah transformator. Inti besi yang berlapis dan dua belitan yaitu belitan primer dan sekunder adalah dua bagian yang ada pada transformator. Salah satu alasan utama arus AC banyak digunakan dalam pembangkitan dan distribusi listrik adalah karena ekonomis untuk kebutuhan dan kita bisa memilih tegangan yang tepat, karena itulah dibutuhkan sifat yang handal dan sederhana dalam menggunakan transformator[5].

2.3 Prinsip Kerja Dari Transformator

Kumparan primer dan sekunder yang bersifat induktif adalah hal yang ada dalam transformator. Melalui jalur reluktansi rendah dua belitan dihubungkan secara magnet dan dipisahkan secara listrik. Didalam inti yang dilapisi akan muncul fluks bolak-balik jika sumber tegangan AC dihubungkan pada belitan primer, kemuddian akan mengalir arus primer karena jaringan tertutup yang terbentuk dan disebabkan oleh belitan tersebut. Energi listrik dapat ditransfer secara penuh karena adanya rangkaian sekunder yang dibebani oleh arus sekunder, hal ini terjadi karena di belitan sekunder timbul fluks magnet yang disebabkan oleh induksi bersama atau induksi belitan primer yang mempengaruhi terjadinya induksi pada belitan sekunder karena pada belitan primer terjadi induksi sendiri yang disebabkan oleh fluks.[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.



2.4 Transformator Daya

Berdasarkan prinsip induksi elektromagnet dan penggunaan magnet, diantara banyak sirkuit atau satu sirkuit listrik kita dapat memindahkan dan mengubah tenaga listrik yang terdapat pada sirkuit tersebut menggunakan perangkat listrik yang bernama transformator daya. Transformator banyak dimanfaatkan, seperti pada elektronik atau sistem tenaga listrik.

Transformator daya bertindak sebagai distributor listrik untuk tegangan dengan beban rendah. Jika beban non linier disuplai oleh transformator, maka bakal muncul arus harmonisa dan hal ini bakal mempengaruhi efisiensi transformator tersebut pada tegangan rendah[5].

2.5 Transformator Distribusi

Perangkat listrik yang dipisah berdasarkan tegangan dan rating dayanya adalah transformator distribusi, yaitu : transformator distribusi besar, transformator distribusi sedang, dan transformator distribusi kecil[5].

2.5.1 Transformator Distribusi Besar

Jenis transformator ini digunakan di gardu dari gardu induk tiga fase menggunakan pengubah tap tanpa beban atau pengubah tap yang dimuat. Dengan standar ANS/ IEEE Rating Daya 112,5 kVA - 20 MVA dengan tegangan primer hingga 69 kV dan tegangan sekunder hingga 34,5 kV. Switchgear adalah komponen yang menghubungkan dua transformator atau hanya sisi primer atau sekunder transformator, yang disana terpasang bushing tepatnya pada dinding dan saluran luar transformator serta penutup bushing untuk melengkapi pada bagian gardu transformator[5].

2.5.2 Transformator Distribusi Sedang

Transformator jenis ini digunakan untuk *step down* tiga-fasa tegangan tinggi ke tegangan rendah untuk distribusi daya, dengan menggunakan Standar IEC Rating Daya 400 - 5000 kVA. Tegangan Primer Sampai dengan 36 kV digunakan terutama di daerah perkotaan dan untuk aplikasi industri. Transformer ini tertutup rapat, dinding fleksibel tangkai bergelombang memungkinkan pendinginan dari transformator yang cukup dan mengkompensasi perubahan volume minyak karena perubahan suhu selama operasi. Keuntungan transformer tertutup rapat adalah bahwa adalah minyak yang tidak bersentuhan dengan atmosfer sehingga menghindari penyerapan air dari lingkungan, transformator juga dilengkapi dengan pengawet minyak[5].

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

2.5.3 Transformator Distribusi Kecil

Jenis transformator ini digunakan untuk wilayah yang tidak padat penduduk atau wilayah pedesaan, sesuai standar dari IEC yaitu dengan tegangan hingga 36 kV dan kapasitas hingga 315 kVA tepatnya dari tegangan tinggi ke rendah atau transformator *step down* tiga fasa. Di gardu tepatnya di bagian perakitan transformator tiga fasa, peletakan minyak terendam dengan tertutup rapat agar mudah beradaptasi dengan lingkungan. Pengawet minyak juga diberikan untuk melengkapi transformator tersebut[5].

2.6 Rugi Tenaga Listrik

Rugi Tenaga Listrik terbagi menjadi dua bagian, yaitu rugi teknis tenaga listrik dan rugi non teknis.

1. Rugi non teknis tenaga listrik akan mengakibatkan penurunan efisiensi sistem tenaga listrik yang berarti turunnya keuntungan perusahaan, dengan kata lain naiknya rugi tenaga listrik dapat mempengaruhi pendapatan pada pihak pengelola. Jika situasi ini terus berlanjut, maka rugi tenaga listrik yang terjadi akan berkembang menjadi tidak wajar hingga pada suatu saat pengelola sistem tenaga tersebut mengalami kerugian. Dalam hal ini, maka rugi tenaga perlu sekali dibahas.
2. Rugi Teknis tenaga listrik adalah hilangnya energi akibat penggunaan peralatan energi listrik yang diperlukan untuk menjalankan operasi tenaga listrik. Rugi teknis ini harus ditanggung oleh pihak pengelola dan ganti rugi tidak dapat diperoleh[5].

Adapun rumus untuk faktor kerugian adalah :

$$\text{Faktor kerugian atau } Fr = \text{Faktor beban } (c) + (1-c) (\text{Faktor beban})^2 \quad (2.1)$$

Dimana : c = Konstanta untuk sistem distribusi 0,15 dan sistem transmisi 0,3

2.7 Rugi-Transformator

Rugi Trafo bervariasi dari 20 hingga 25% dari total rugi jaringan. Rugi-rugi trafo dibagi menjadi dua bagian yaitu rugi tanpa beban dan rugi berbeban. Rugi-rugi tanpa beban mencakup dari semua Rugi-rugi yang terjadi karena rangkaian primer diberikan tegangan, dan rangkaian sekundernya dalam keadaan terbuka.

Rugi tanpa beban meliputi rugi akibat arus eddy, histerisis *magnetic*, arus eksitasi pada tahanan rangkaian dan karena bahan dielektrik. semua rugi-rugi ini terjadi pada inti trafo sehingga rugi tanpa beban sering disebut sebagai rugi inti. Sedangkan rugi berbeban terjadi akibat tahanan pada rangkaian yang membawa arus beban karena rugi ini terjadi

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

Pada belitan trafo yang terbuat dari tembaga maka rugi berbeban sering disebut sebagai rugi tembaga[5].

2.8 Rugi Inti

Rugi Inti atau rugi daya tanpa beban dapat diperoleh dengan uji percobaan beban nol, yaitu dengan menghubungkan rangkaian primer ke sumber tegangan V_1 sehingga mengalir I_0 dan membiarkan rangkaian sekundernya dalam keadaan terbuka. Pada *open circuit*, sisi sekunder pada trafo terbuka sementara sisi primer terhubung dengan rating tegangan penuh. Dengan terhubungnya sisi primer maka tegangan input, arus input, dan daya input dapat diukur besarnya[5]

Rugi inti terbagi atas dua yaitu rugi *hysteresis* dan *eddy current* yang mana:

2.8.1 Rugi Hysteresis

Secara khusus, kerugian yang disebabkan oleh fluks balik-balik dalam inti besi yang dinyatakan sebagai :

$$P_h = K_h f^2 B_{max}^{1,6} \text{ (watt)} \quad (2.2)$$

Dimana :

K_h = Konstanta

B_{max} = Fluks maksimum (weber)

2.8.2 Rugi eddy current

Secara khusus, yaitu kerugian yang disebabkan oleh pemanasan akibat arus pusar yang terjadi pada inti besi transformator , dinyatakan sebagai :

$$P_e = K_e f^2 B_{max}^2 \text{ (watt)} \quad (2.3)$$

Dimana :

K_e = Konstanta

B_{max} = Fluks maksimum (weber)

Sehingga rumus rugi inti besi adalah :

$$P_i = P_h + P_e \text{ (watt)} \quad (2.4)$$

Dimana :

P_i = Rugi inti (watt)

P_h = Rugi hysteresis (watt)

P_e = Rugi eddy (watt)



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

2.9 Rugi Tembaga

Rugi Tembaga atau rugi berbeban adalah rugi yang disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada kawat belitan. Nilai rugi tembaga diperoleh dengan melakukan tes tahanan singkat. *Besarnya rugi-rugi tembaga selalu berubah-ubah tergantung beban yang diterapkan, rugi-rugi ini mencapai nilai maksimumnya pada beban puncak atau maksimum* [5].

$$P_{Cu} = I^2 \cdot R \tag{2.5}$$

Dimana :

- P_{Cu} = Rugi tembaga (watt)
- I = Arus beban yang mengalir pada kawat tembaga (Ampere)
- R = Tahanan kawat tembaga (Ω)

2.10 Faktor yang Mempengaruhi Beban

2.10.1 Beban Rata –rata (Pr)

Beban rata-rata adalah jumlah energi listrik selama periode waktu tertentu dibagi dengan waktu tersebut

$$Pr = Ep/h \tag{2.6}$$

Dimana :

- Ep = Jumlah energi terpakai (Kwh)
- H = Jumlah jam pemakaian

2.10.2 Faktor Beban

Faktor beban adalah rasio daya rata-rata pada selang waktu tertentu dengan beban puncak yang terjadi pada selang waktu tersebut. Persamaan untuk faktor beban adalah

$$Fb = Pr/P \text{ max} \tag{2.7}$$

Dimana :

- Fb = Faktor beban
- Pr = Beban rata-rata (kW)
- $P \text{ max}$ = Beban puncak (kW)

2.10.3 Faktor Responsibility Puncak

Faktor *responsibility* puncak pada sistem distribusi adalah perbandingan antara beban puncak transformator distribusi atau puncak *substation* dengan beban puncak transformator sesungguhnya[5].

2.10.4 Pertumbuhan Beban

Pemilihan kapasitas suatu peralatan sistem distribusi dan perhitungan teknis seperti rugi-rugi pada umumnya tidak semata – mata didasarkan pada keadaan beban saat ini.

Tingkat pertumbuhan beban dapat ditentukan dengan menganalisis kondisi beban dimasa lalu dan kemudian memprediksinya di masa depan. Jika laju tingkat pertumbuhan beban dan beban awal diketahui, maka keadaan beban pada tahun yang akan datang dapat ditentukan[5].

$$P_n = P_o (1+r)^n \tag{2.8}$$

Dimana :

P_n = Beban pada tahun ke n

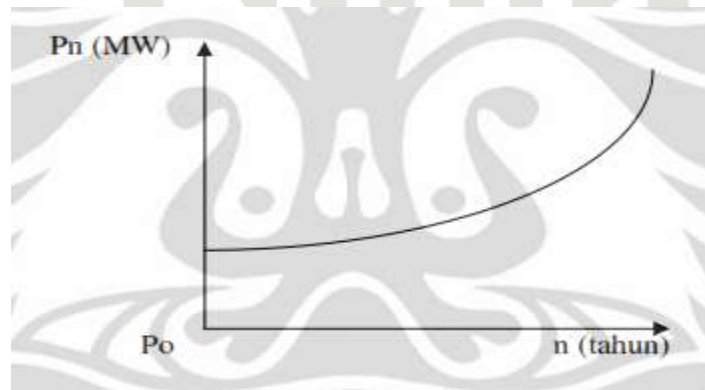
P_o = Beban awal

N = Jumlah tahun perhitungan

r = Tingkat pertumbuhan beban setiap tahunnya(%), diambil berdasarkan statistik PLN 3 tahun terakhir

Dimana :

$$r = \frac{tahun\ 1 + tahun\ 2 + tahun\ 3}{3} \times 100\% \tag{2.9}$$



Gambar 2.1 Grafik Pertumbuhan Beban Listrik[18]

2.10.5 Karakteristik Beban Transformator

Biasanya, karakteristik beban diperlukan untuk menghitung rugi-rugi, kebutuhan daya maksimum, faktor daya, faktor beban, faktor rugi-rugi dan faktor kemampuan beban maksimum. Beban gardu distribusi tergantung pada jenis beban yang dilayani. Karakteristik beban sering dinyatakan dalam bentuk kurva beban, beban puncak, factor beban (*load factor*), faktor rugi-rugi (*loss factor*), faktor daya (*power factor*) dan besaran lainnya[18].

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

2.10.6 Kurva Beban

Kurva beban menunjukkan perubahan beban dari waktu ke waktu. Bentuk kurva beban gardu distribusi tergantung pada jenis beban yang dilayaninya. Kurva beban sendiri merupakan gambaran dari kebutuhan beban pada interval waktu tertentu. Kebutuhan beban suatu sistem tenaga listrik adalah beban rata-rata sistem selama interval tertentu[5].

2.10.7 Beban Puncak

Beban puncak adalah beban yang terjadi pada saat kebutuhan beban telah mencapai batas beban maksimum. Dengan demikian beban puncak dari suatu kurva beban sangat penting dalam menentukan pembebanan dan kapasitas trafo yang akan dipasang. Beban puncak dapat dinyatakan sebagai nilai sesaat atau sebagai kebutuhan beban[5].

2.10.8 Faktor Daya

Faktor daya adalah rasio daya aktif/nyata (p) dengan daya kompleks (s). Karena beban terdistribusi dari trafo berubah secara terus menerus, sehingga harga faktor daya juga berubah. Dengan demikian, faktor daya ditentukan untuk kondisi beban tertentu, seperti beban maksimum, beban ringan atau beban rata-rata[5].

2.11 Biaya Rugi - rugi Daya Pada Transformator

2.11.1 Biaya Rugi - rugi Daya Tanpa Beban

Rugi - rugi daya tanpa beban adalah rugi-rugi yang terjadi pada inti besi trafo. Besarnya Rugi - rugi ini dapat diukur pada saat trafo tanpa beban. Besarnya biaya rugi daya tanpa beban adalah tetap dan tidak bergantung pada keadaan beban. Oleh karena itu, saat menghitung biaya rugi daya tanpa beban tidak perlu dimasukkan *peak responsibility factor*, faktor rugi beban maupun faktor pertumbuhan beban[5].

$$B_{tb} = (8760 \cdot B_{tl}) \cdot R_{bn} \tag{2.10}$$

Dimana :

B_{tb} = biaya rugi daya tanpa beban (Rp/Th)

8760 = Jumlah jam operasi dalam satu tahun (jam/thn = h/th)

B_{tl} = Biaya tenaga listrik golongan R-3/TR (Rp 1.699,53 berlaku sampai Maret 2023)

R_{bn} = Rugi inti besi (kw)

2.11.2 Biaya Rugi - rugi daya berbeban

Rugi - rugi daya berbeban besarnya akan berubah seiring waktu karena perubahan beban unit trafo yang ada. Jika beban bertambah, maka besar Rugi - rugi daya berbeban akan bertambah, sehingga biaya rugi-ruginya otomatis akan bertambah dan jumlahnya



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

tidak tetap. Karena besarnya rugi berbeban ini bergantung pada beban, maka perhitungan biaya harus mencakup faktor pertumbuhan beban, dan faktor Rugi – rugi[5].

$$b = (Fr.8760.Btl).Rb (Pmaks/Sn)^2.K \tag{2.11}$$

Dimana :

- b = Biaya rugi daya berbeban (Rp/thn)
- r = Faktor kerugian
- 8760 = Jumlah jam operasi dalam satu tahun (jam/thn = h/th)
- Btl = Biaya tenaga listrik golongan R-3/TR (Rp 1.699,53 berlaku sampai Maret 2023)
- Rb = Rugi tembaga(KW)
- Pmaks = Beban Maks.trafo (KVA)
- Sn = kapasitas transformator

$$Smaks \text{ untuk tahun pertama} = \frac{\text{pembebanan}}{100} \times Sn \tag{2.12}$$

$$Smaks \text{ untuk tahun berikutnya} = Po (1 + r)^n \tag{2.13}$$

Dimana :

- Po = beban awal
- R = Tingkat pertumbuhan beban setiap tahunnya(%),berdasarkan statistik PLN 3 tahun terakhir
- Sn = Kapasitas nominal trafo (KVA)
- K = Faktor pertumbuhan beban

$$K = \frac{1+r^2 + 1+i^n + r^{2n} \cdot i}{1+i-1+r^2 + 1+i^n-1} \tag{2.14}$$

Dimana :

- i = tingkat bunga pertahun (5,25% berdasarkan tingkat bunga Bank Indonesia Januari 2023)
- r = tingkat pertumbuhan beban pertahun
- n = jumlah tahun pengusahaan

2.11. Total Biaya Rugi-Rugi Daya

Total biaya rugi-rugi pada transformator adalah hasil penjumlahan dari biaya rugi-rugi tanpa beban dengan biaya rugi-rugi daya berbeban setiap tahun. Jadi biaya rugi-rugi daya total setiap tahun adalah :

$$Br_{tt} (n) = B_{tb} (n) + B_b (n) \tag{2.15}$$



2.12 Susut Umur Transformator

Perkiraan umur transformator cepat berkurang terjadi karena adanya penurunan kemampuan bahan isolasi pada transformator yang disebabkan oleh panas pada lilitan belitan transformator yang timbul karena adanya pembebanan berlebih. Besarnya suhu lingkungan dan besarnya beban dapat mempengaruhi besarnya suhu belitan pada transformator [11].

2.13 Hot Spot

Jika minyak pendingin tidak mencapai inti besi ketika beban tertinggi, maka suhu tertinggi yang didapatkan oleh belitan tersebut disebut *hotspot* pada transformator. Tingginya suhu *hotspot* dipengaruhi oleh besarnya beban dan suhu lingkungan [19].

2.14 Top Oil

Suhu pada bagian atas belitan disebut *top oil* atau bisa juga disebut suhu minyak bagian atas. Suhu minyak bagian atas harus ditentukan oleh pabrik saat keadaan beban penuh. Biasanya pabrik menentukan suhu bagian atas pada keadaan penuh adalah 110°C, karena ini adalah perkiraan masa operasional normal yang diizinkan untuk suhu bagian atas pada saat beban penuh[19].

2.15 Rasio Pembebanan

Rasio pembebanan diperlukan untuk menentukan kenaikan temperatur stabil *top oil*[11], adapun cara mengetahui rasio pembebanan adalah :

$$K = \frac{\text{Beban Transformator}}{\text{Kapasitas Transformator}} \tag{2.16}$$

Dimana :

K = Rasio Pembebanan

2.16 Perbandingan Rugi

Perbandingan rugi yang dimaksud adalah perbandingan dari rugi tembaga dan rugi inti besi yang tertera pada pengenal transformator distribusi[11], adapun persamaan untuk perbandingan rugi adalah :

$$d = \frac{\text{Rugi Tembaga}}{\text{Rugi Inti Besi}} \tag{2.17}$$

Dimana :

d = perbandingan rugi

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

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang
 State Islamic University of Sultan Saifuddin Riau



Hak cipta dimiliki UIN Suska Riau
 Staf Istimiah 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.17 Kenaikan Temperatur Stabil Top Oil

Adapun cara untuk menentukan kenaikan temperatur stabil *top oil* adalah[11] :

$$\theta_b \Delta\theta_{br} \left[\frac{1+dk^2}{1+d} \right]^x \tag{2.18}$$

Dimana konstanta yang digunakan adalah :

- $\Delta\theta_{br}$ = Kenaikan temperatur *top oil*
- Untuk ONAN $\Delta\theta_{br}$ = 55 dan x = 0,9
- Untuk OFAF $\Delta\theta_{br}$ = 40 dan x = 1

Sedangkan untuk menentukan selisih temperatur antara *hotspot* dengan *top oil* adalah :

$$\Delta\theta_{td} = (\Delta\theta_{cr} - \Delta\theta_{br})(K^{2Y}) \tag{2.19}$$

Dimana konstanta yang digunakan adalah :

- $\Delta\theta_{td}$ = Selisih kenaikan temperatur
- $\Delta\theta_{cr}$ = Kenaikan temperatur *hot spot*
- Untuk ONAN $\Delta\theta_{CR}$ = 78°C $\Delta\theta_{br}$ = 55°C dan y = 0,8
- Untuk OFAF $\Delta\theta_{cr}$ = 78°C $\Delta\theta_{br}$ = 40°C dan y = 0,9

Adapun untuk menentukan temperatur *hotspot* adalah :

$$\theta_c = (\theta_{ar} + \Delta\theta_{br} + \Delta\theta_{td}) \tag{2.20}$$

Dimana :

- θ_c = Temperatur *hot spot*
- $\theta_{ar} = \frac{\theta_a \text{ maks/hari}}{\Sigma \text{hari}}$

Dimana :

- θ_{ar} = Temperatur lingkungan

2.18 Laju Penuaan Thermal Relatif

Laju penuaan thermal relatif dipengaruhi karena adanya panas dan waktu yang mana panas akan semakin bertambah sewaktu beban meningkat. Adapun cara untuk mengetahui laju penuaan thermal relatif adalah :

$$V = \frac{(\theta_c - 98)^6}{6} \tag{2.21}$$

Dimana :

- V = Laju thermal relatif
- 98 = Suhu batas efisien dalam transformator
- 6 = Jumlah jam pada saat beban puncak

Besarnya laju penuaan relatif untuk tiap jam perhari sama[20].



2.19 Susut Umur Transformator

Selanjutnya menghitung nilai susut umur transformator (L), yang dapat diketahui dengan mengalikan jumlah waktu operasi transformator dengan besar nilai laju penuaan termal relatifnya. Adapun cara untuk mengetahui besar susut umur transformator adalah :

$$L = I_x \times V \tag{2.22}$$

Dimana :

L = Susut umur transformator

h = Jumlah jam pemakaian

2.20 Perkiraan Sisa Umur Transformator

Sisa umur transformator bisa didapatkan dengan mengurangi umur dasar transformator yaitu 20 tahun dengan umur transformator saat beroperasi lalu dibagi dengan nilai susut umur transformator. Adapun rumusnya adalah :

$$n = \frac{\text{Umur dasar-lama transformator sudah dipakai}}{\text{susut umur}} \tag{2.23}$$

Dimana :

n = sisa umur transformator

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

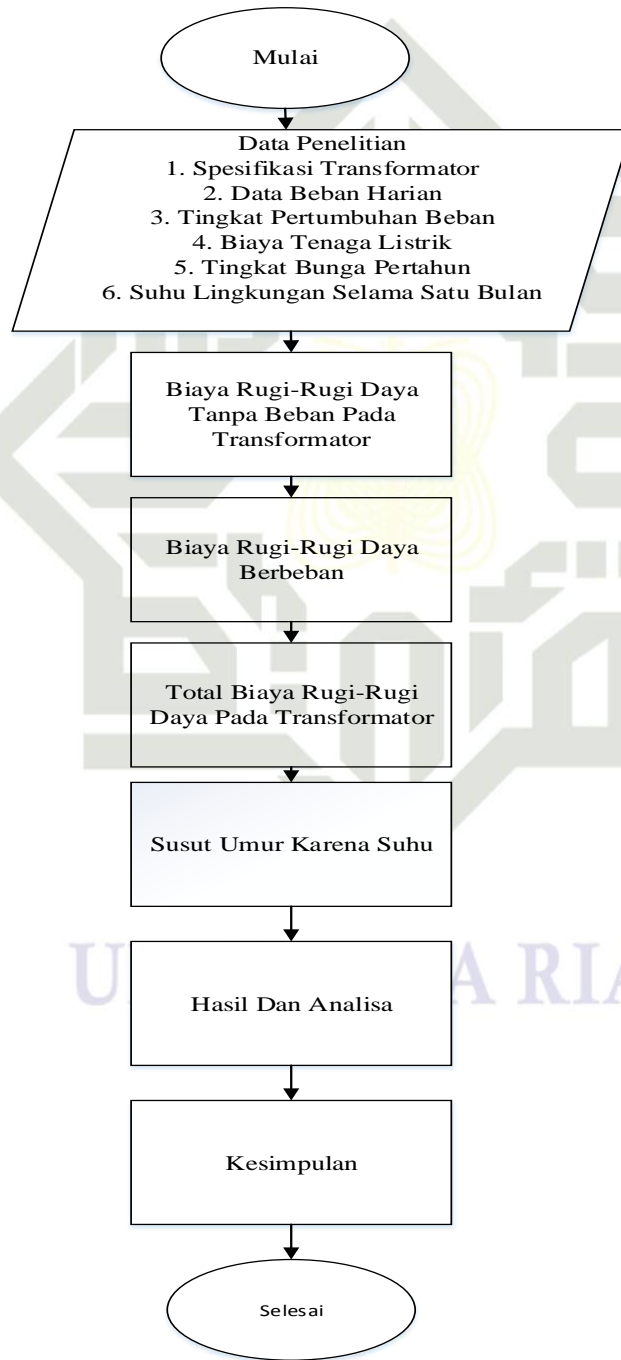
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data pada transformator distribusi pada ULP Duri. Tahapan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :



Gambar3.1 Tabel *Flowchart*

3.1 Data Penelitian

Data Terkait didapatkan dengan mengumpulkan data dari sumber yang sudah ada, seperti data spesifikasi transformator DRI 360, DRI 005, DRI 485, DRI 603, yang berada di penyulang Duri, Hangtuh, Subrantas, dan sebanga yang ditenagai dari gardu induk Duri. Data pembebanan, data suhu, data statistik PLN, dan biaya tenaga listrik golongan B3/TM yang sedang berlaku, yang didapatkan dari dalam buku laporan ULP Duri dan tingkat bunga pertahun berdasarkan Bank Indonesia.

3.1.1 Spesifikasi Transformator Distribusi

Dalam, sistem kelistrikan di Duri terdapat beberapa transformator. Dibawah ini adalah spesifikasi salah satu transformator yang akan dianalisa

Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator[21]

Spesifikasi Transformator	DRI 360	DRI 005	DRI 485	DRI 603
Tahun Pemasangan	2018	2017	2019	2021
Kapasitas Transformator	200 kVA	200 kVA	160 kVA	160 kVA
Phasa Transformator	3	3	3	3
Tegangan Primer	20 kV	20 kV	20 kV	20 kV
Tegangan Sekunder	400 V	400 V	400 V	400 V
Impedansi	4%	4%	4%	4%
Frekuensi	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Hubungan Belitan	Dyn5	Dyn5	Yzn5	Yzn5
Rugi Inti Besi	355 W	355 W	300 W	300 W
Rugi Tembaga	2350 W	2350 W	2000 W	2000 W
Berat Transformator	1275 Kg	1275 Kg	1315 Kg	1175 Kg

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



Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator (lanjutan)[21]

Pendinginan	ONAN	ONAN	ONAN	ONAN
Pembebanan	39%	48%	32%	16%
Temperatur	37°C	37°C	36°C	34°C

3.1.2 Data Beban Harian

Berikut ini adalah tabel data beban harian dari transformator distribusi yang dianalisa

Tabel 3.2 Data Beban Harian DRI 360[21]

Waktu (jam)	Beban (kW)	Waktu (jam)	Beban (kW)
01:00	25,14	13:00	70,75
02:00	25,14	14:00	70,26
03:00	25,16	15:00	70,29
04:00	25,32	16:00	70,28
05:00	29,46	17:00	74,63
06:00	42,79	18:00	74,75
07:00	42,5	19:00	83,29
08:00	55,15	20:00	83,1
09:00	61,4	21:00	78,7
10:00	61,45	22:00	58,77
11:00	70,25	23:00	36,73
12:00	70,78	00:00	25,15
Total Daya = 1331,24 kW			

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa beban puncak terjadi pada jam 19:00 dengan daya sebesar 83,29 kW

Tabel 3.3 Data Beban Harian DRI 005[21]

Waktu (jam)	Beban (kW)	Waktu (jam)	Beban (kW)
01:00	35,12	13:00	80,65
02:00	35,12	14:00	80,27
03:00	35,13	15:00	80,38
04:00	35,3	16:00	81,9

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

Tabel 3.3 Data Beban Harian DRI 005 (lanjutan)[21]

05:00	39,96	17:00	84,2
06:00	53,81	18:00	84,6
07:00	53,27	19:00	93,28
08:00	65	20:00	93
09:00	71,3	21:00	88,6
10:00	71,8	22:00	68,6
11:00	80	23:00	45,1
12:00	81	00:00	35,12
Total Daya = 1.572,51 kW			

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa beban puncak terjadi pada jam 19:00 dengan daya sebesar 93,28 kW

Tabel 3.4 Data Beban Harian DRI 485[21]

Waktu (jam)	Beban (kW)	Waktu (jam)	Beban (kW)
01:00	21,12	13:00	57,6
02:00	21,12	14:00	57,3
03:00	21,14	15:00	57,24
04:00	21,15	16:00	57,23
05:00	23,26	17:00	60,7
06:00	35,23	18:00	60,8
07:00	35,22	19:00	67,83
08:00	45,12	20:00	67,4
09:00	50,12	21:00	63,9
10:00	50,16	22:00	48,3
11:00	57,2	23:00	30,38
12:00	57,62	00:00	21,12
Total Daya = 1.088,26 kW			

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa beban puncak terjadi pada jam 19:00 dengan daya sebesar 67,83 kW



Tabel 3.5 Data Beban Harian DRI 603[21]

Waktu (jam)	Beban (kW)	Waktu (jam)	Beban (kW)
01:00	13	13:00	31,3
02:00	13,1	14:00	31,1
03:00	13,2	15:00	31,12
04:00	13,13	16:00	31,11
05:00	14,78	17:00	32,85
06:00	20,11	18:00	32,9
07:00	20,1	19:00	36,31
08:00	25,1	20:00	36,2
09:00	27,56	21:00	34,48
10:00	27,58	22:00	26,51
11:00	31,1	23:00	17,69
12:00	31,31	00:00	13,1
Total Daya = 605,01 kW			

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa beban puncak terjadi pada jam 19:00 dengan daya sebesar 36,31 kW

3.1.3 Tingkat Pertumbuhan Beban

Tingkat pertumbuhan beban diambil berdasarkan data statistik PLN yang ada pada 3 tahun terakhir yaitu 2020,2021, dan 2022.

Tabel 3.6 Tingkat pertumbuhan beban[21]

Tahun	Besar Tingkat Pertumbuhan Beban
2020	2,29%
2021	2,35%
2022	3,39%

3.1.4 Biaya Tenaga Listrik

Data yang digunakan untuk biaya tenaga listrik adalah tarif biaya tenaga listrik golongan R-3/TR karena digunakan di kalangan rumah tangga dan juga bisnis skala rumah tangga sehingga tidak perlu ada potongan subsidi dan tarif listriknya adalah Rp 1.699,53 yang berlaku sampai Maret 2023.

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 satu 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.



3.1.5 Tingkat Bunga Pertahun

Tingkat bunga pertahun diperlukan karena nilai Rupiah yang berubah pada periode tertentu, oleh karena digunakan tingkat bunga pertahun yang sudah dikaji Bank Indonesia sesuai dengan nilai tukar Dollar Amerika Serikat terhadap Rupiah, harga minyak mentah, dan inflasi. Berdasarkan pengumuman Bank Indonesia bulan November 2022 tingkat bunga pertahun adalah sebesar 5,25% [22].

3.1.6 Suhu Lingkungan Selama Satu Bulan

Suhu lingkungan diperlukan untuk menentukan temperatur *hotspot* yang bisa dilakukan dengan mengukur suhu di sekitar transformator secara manual. Berikut ini adalah suhu lingkungan selama satu bulan

Tabel 3.7 Suhu lingkungan selama satu bulan

Hari ke-	Suhu
1	30°
2	31°
3	30°
4	28°
5	31°
6	33°
7	33°
8	33°
9	32°
10	32°
11	30°
12	33°
13	31°
14	33°
15	29°
16	33°
17	29°
18	31°
19	31°
20	31°
21	30°
22	31°
23	29°
24	27°
25	30°

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



Tabel 3.7 Suhu lingkungan selama satu bulan (lanjutan)

26	30°
27	30°
28	30°
29	30°
30	31°
31	30°

3.2 Biaya Rugi-Rugi Daya Tanpa Beban Pada Transformator

Biaya Rugi-rugi daya tanpa beban pada transformator bisa kita dapatkan dengan menggunakan persamaan (2.10), yaitu jumlah jam operasi dalam satu tahun yang sebesar 8760 dikalikan dengan biaya tenaga listrik, yang pada akhirnya dikalikan lagi dengan data rugi besi berdasarkan data spesifikasi transformator pada tabel 3.1

3.3 Biaya Rugi-Rugi Daya Berbeban Pada Transformator

Biaya rugi-rugi daya berbeban bisa didapatkan menggunakan persamaan (2.11), namun sebelum itu ada langkah-langkah yang harus dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui beberapa data yang akan digunakan pada persamaan (2.11) yaitu :

1. Menghitung nilai r atau tingkat pertumbuhan beban menggunakan persamaan (2.9), yaitu dengan menjumlahkan tingkat pertumbuhan beban pada 3 tahun terakhir berdasarkan statistik PLN lalu dibagi 3.
2. Menghitung daya terpasang pada tahun pertama menggunakan persamaan (2.12), yaitu beberapa persen pembebanan dikalikan dengan kapasitas trafo.
3. Menghitung daya terpasang pada tahun berikutnya menggunakan persamaan (2.13) menggunakan data daya terpasang pada tahun pertama dan juga nilai r pada langkah 1.
4. Menghitung daya rata-rata menggunakan persamaan (2.6) yaitu membagi jumlah energi yang terpakai dengan jumlah jam yang tersedia.
5. Menghitung faktor beban menggunakan persamaan (2.7) yaitu membagi daya rata-rata dengan beban puncak berdasarkan tabel beban harian.
6. Menghitung faktor kerugian menggunakan persamaan (2.1) dengan memasukkan data faktor beban dari langkah 5.
7. Menghitung nilai faktor K untuk 10 tahun kedepan menggunakan persamaan (2.14) dengan memasukkan data r di langkah 1 dan data tingkat bunga pertahun berdasarkan Bank Indonesia di tahun 2023

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



Setelah mendapatkan data faktor kerugian dan nilai faktor K untuk 10 tahun kedepan, kita bisa menggunakan kedua data tersebut ke persamaan (2.11) untuk mendapatkan biaya rugi-rugi daya berbeban hingga 10 tahun kedepan.

3.4 Total Biaya Rugi-Rugi Daya Pada Transformator

Biaya rugi-rugi daya bisa kita dapatkan dengan menjumlahkan biaya rugi-rugi daya tanpa beban dengan biaya rugi-rugi daya berbeban, seperti persamaan (2.15)

3.5 Susut Umur Karena Suhu

Untuk menghitung susut umur karena suhu perlu menentukan rasio pembebanan, perbandingan rugi, menentukan kenaikan temperatur, dan perkiraan sisa umur transformator.

3.5.1 Rasio Pembebanan

Menentukan rasio pembebanan bisa didapatkan dengan membagi beban transformator dengan kapasitas transformator seperti persamaan (2.16)

3.5.2 Perbandingan Rugi

Nilai perbandingan rugi bisa diketahui dengan menggunakan persamaan (2.17) yaitu membagi rugi tembaga dengan rugi inti besi.

3.5.3 Kenaikan Temperatur

Untuk mengetahui kenaikan temperatur, kita perlu mencari kenaikan temperatur *top oil*, selisih antara *hot spot* dengan *top oil*, seta besar temperatur *hot spot* dapat diketahui menggunakan persamaan (2.18), (2.19), dan (2.20).

3.5.4 Laju Penuaan Thermal Relatif

Laju penuaan thermal relatif bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan (2.17) dan juga hasil perhitungan temperatur *Hot Spot* sebelumnya.

3.5.5 Susut Umur Transformator

Besar susut umur transformator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.18) yaitu mengkalikan besar laju penuaan thermal relatif dengan waktu pengoperasian transformator dalam sehari, yaitu 24 jam.

3.5.6 Perkiraan Sisa Umur Transformator

Untuk menghitung sisa umur transformator dapat menggunakan persamaan (2.19) yaitu umur dasar transformator dikurang dengan umur transformator telah beroperasi dibagi dengan nilai susut umur transformator.

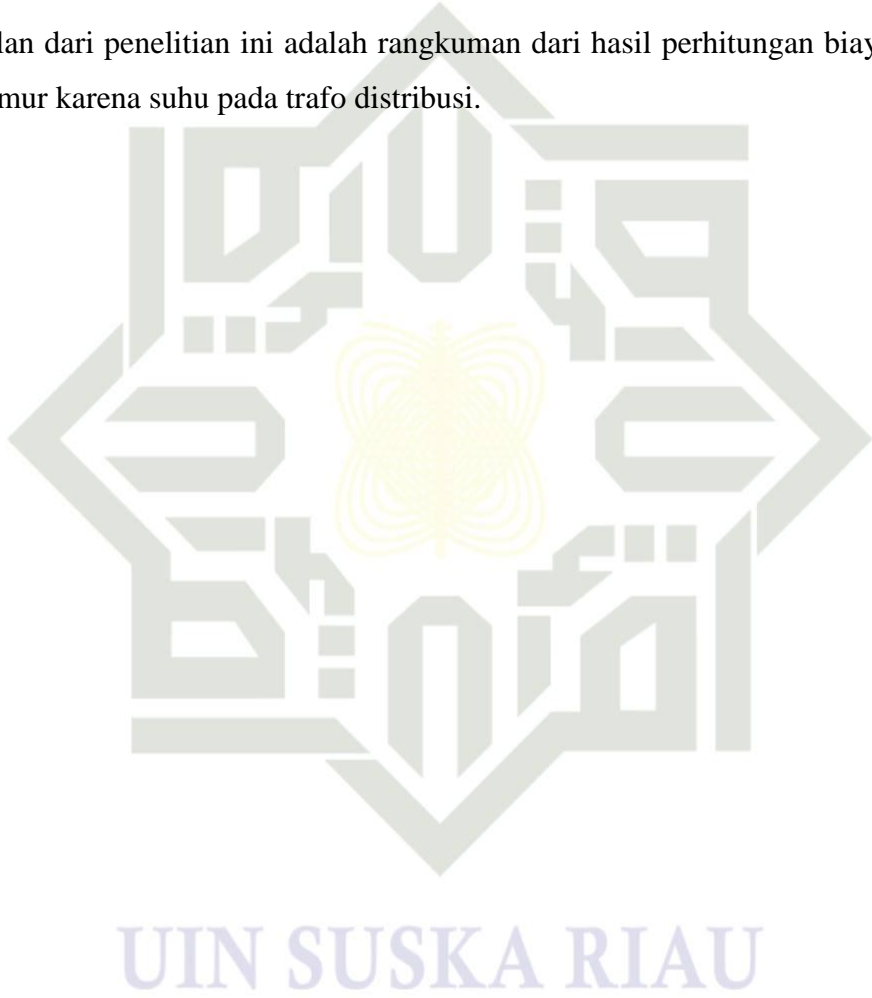


3.6 Hasil dan Analisa

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah total biaya rugi daya pada transformator distribusi dan susut umur pada transformator karena suhu. Sedangkan analisa pada penelitian ini adalah mendeskripsikan hasil perhitungan dari biaya rugi daya dan susut umur karena suhu pada transformator.

3.7 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah rangkuman dari hasil perhitungan biaya rugi daya dan susut umur karena suhu pada trafo distribusi.



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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

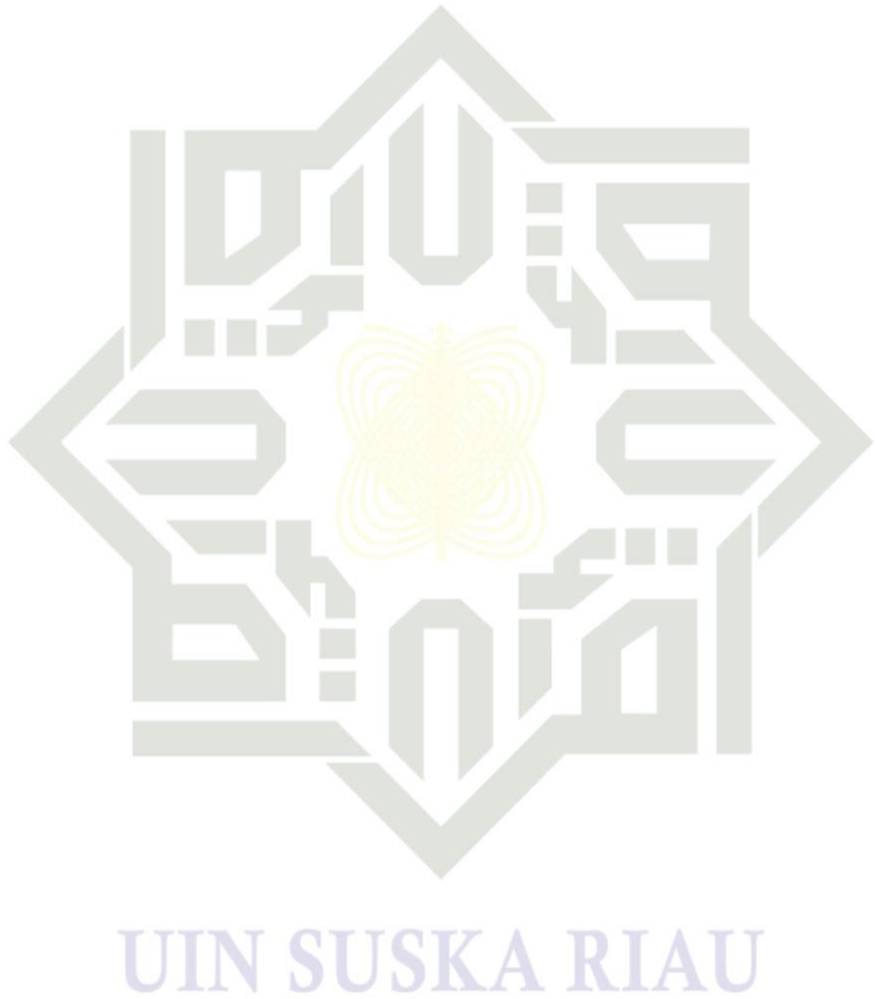
Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Biaya rugi-rugi daya tanpa beban besarnya konstan disetiap tahun, karena biaya rugi-rugi daya tanpa beban atau rugi inti besi didapatkan saat beban nol. Biaya rugi-rugi daya tanpa beban pada transformator DRI 360 adalah Rp 5.191.904,39, DRI 005 adalah Rp 5.191.904,39, DRI 485 adalah Rp 4.387.524,84, dan DRI 603 adalah Rp 4.387.524,84. Besar biaya rugi-rugi daya berbeban dipengaruhi oleh rugi tembaga. Besarnya rugi tembaga selalu berubah berdasarkan pertambahan beban pada setiap tahunnya. Sehingga biaya rugi-rugi daya berbeban meningkat setiap tahun. Biaya rugi-rugi berbeban pada transformator DRI 360 adalah Rp 2.543.301,9, DRI 005 adalah Rp 4.258.824,11, DRI 485 adalah Rp 1.404.007,95, dan DRI 603 adalah Rp 299.814,2.
2. Biaya rugi-rugi daya adalah biaya yang terjadi karena adanya rugi-rugi energi listrik. Rugi-rugi tersebut terdiri dari rugi inti besi dan rugi tembaga. Dari keempat transformator jika dibandingkan, transformator DRI 005 memiliki biaya paling besar, karena memiliki pembebanan paling besar diantara 4 transformator tersebut yaitu 48%. Biaya rugi-rugi berbeban pada transformator DRI 360 adalah Rp 7.735.206,29, DRI 005 adalah Rp 9.450.728,5, DRI 485 adalah Rp 5.791.532,79, dan DRI 603 adalah Rp 4.687.339,04.
3. Susut umur trafo dipengaruhi oleh pembebanan, dapat dilihat dari hasil perhitungan karena pembebanan yang ditanggung transformator terkait masih rendah maka peningkatan suhu yang menyebabkan percepatan penuaan masih rendah. Maka susut umur yang dialami transformator tersebut masih kecil, sehingga sisa umur transformator terkait masih diatas 20 tahun atau sesuai standar PLN. Berdasarkan hasil penelitian perhitungan susut umur pada transformator adalah DRI 360 adalah 25 tahun, DRI 005 adalah 9,72 tahun, DRI 485 adalah 55,5 tahun, dan DRI 603 adalah 375 tahun.

5.2 Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan ada beberapa sarang yang bisa diberikan untuk peneliti selanjutnya :

1. Mencari solusi terhadap penyebab terjadinya rugi-rugi daya pada transformator
2. Memberikan solusi untuk mengurangi besar susut umur terhadap transformator



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 PUSTAKA

- 1] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, *Outlook Energi Indonesia 2016*, vol. 53, no. 9. 2016.
- 2] R. F. Ariyanti, "Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT. PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)," 2017.
- 3] D. F. Kamalia, "Analisis Susut Energi (Losses) Jaringan Tegangan Menengah (20 Kv) Di Pt Pln (Persero) Rayon Klakah Area Jember," *Univ. Muhammadiyah Makasar*, 2018.
- 4] S. Bahri, R. Gianto, and M. I. Arsyad, "Studi Pertambahan Beban Transformator Daya Pada Gardu Induk Parit Baru PT . PLN (Persero) Cabang Pontianak," vol. 2, p. 8, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/11265>.
- 5] R. Ferdinan and E. Warman, "Analisa Pemilihan Trafo Distribusi Berdasarkan Biaya Rugi-Rugi Daya Dengan Metode Nilai Tahunan," *Singuda Ensikom*, vol. 2, no. 1, pp. 13–18, 2016.
- 6] P. Gultom, Danial, and M. Rajagukguk, "Studi Susut Umur Transformator," *J. Untan*, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/21155>.
- 7] R. S. dan D. Dhesah, "Studi pengaruh pembebanan terhadap perubahan suhu dan perubahan rugi - rugi daya pada transformator," *J. Eltek*, vol. 10, no. 1, pp. 62–71, 2020.
- 8] A.Sofwan, R. D. Tias, and N.Lubis, "Analisis susut umur transformator akibat beban lebih dengan penambahan transformator distribusi sisipan," *Progr. Stud. Tek. Elektro - ISTN*, vol. XX, no. 1, pp. 24–33, 2018.
- 9] A. Maruf and Y. Primadiyono, "Analisis Pengaruh Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 Mva Unit 1 Dan 2 Di Gi 150 Kv Kalisari," *Edu Elektr. J.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- 10] E. M. P. Picsta, "Analisa Perhitungan Biaya Rugi-Rugi Daya Pada Transformator

©Distribusi Di Penyulang Domba Gardu Induk Bukit Siguntang Dengan Metode Nilai Bulanan,” 2018.

- [11] A. Anca, B. Bakhtiar, and R. L., “Studi Pengaruh Beban Puncak Terhadap Susut Umur Transformator di PT.PLN(Persero) Rayon daya,” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 16, no. 2, p. 80, 2019, doi: 10.31963/elekterika.v16i2.1550.
- [12] P. A. Yuntyansyah, U. Wibawa, and T. Utomo, “Studi Perkiraan Susut Teknis dan Alternatif Perbaikan Pada Penyulang Kayoman Gardu Induk Sukorejo,” *Neliti.Com*, pp. 1–8, 2015, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/110783/studi-perkiraan-susut-teknis-dan-alternatif-perbaikan-pada-penyulang-kayoman-gar>.
- [13] F. Ardianto, P. Studi, T. Elektro, and F. Teknik, “Studi penentuan penggantian transformator gardu induk dengan memprediksi beban konsumen,” *Online*, vol. 3, no. 2, pp. 518–529, 2013, [Online]. Available: <http://jurnal.um-palembang.ac.id/berkalateknik/article/view/357>.
- [14] R. Syadad, “Perkiraan Umur Transformator Tenaga Di Gardu Induk Banyudono Berdasar Variasi Pembebanan,” 2019.
- [15] Dofan Jamal Ali Ramadan, “Study On Thermal Model For Calculating Transformer Hot Spot Temperature,” 2011.
- [16] A. N. Bambang, “Analisis Biaya Trafo Akibat Rugi-Rugi Daya Total Dengan Metode Nilai Tahunan (Annual Worth Method),” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [17] A. B. N, “Analisis Trafo Akibat Rugi-Rugi Daya Total Dengan Metode Nilai Tahunan (Annual Worth Method),” p. 14, 2020.
- [18] B. M. Situmorang, “Analisis Biaya Trafo Akibat Rugi-Rugi Daya Total Dengan Metode Nilai Tahunan (Annual Worth Method),” *Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2011.
- [19] J. M. Tambunan, A. Hariyanto, and W. K. Tindra, “Kerja Pembebanan Dan Temperatur Terhadap Susut Umur,” *Sutet*, vol. 5, no. 2, pp. 91–99, 2015.

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.

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- 20] P. Sigid, “Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga,” pp. 1–8, 2008.
- 21] S. U. P. Duri, “Laporan ULP PLN Duri,” *Lap. ULP PLN Duri*, 2022.
- 22] B. Indonesia, “Tingkat Bungas Pertahun,” 2022.
https://www.bi.go.id/en/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_2431322.aspx.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

