



# ANALISIS PERKIRAAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

## LAPORAN TUGAS AKHIR

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



State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Oleh :

**FIRMAN HIDAYAT**

**11655101289**

**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 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.



# LEMBAR PERSETUJUAN

## ANALISIS PERKIRAAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

### TUGAS AKHIR

Oleh :

**FIRMAN HIDAYAT**  
**11655101289**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 11 Juli 2023

**Ketua Program Studi**

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

**Pembimbing I**

**Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.**  
**NIK. 130517054**

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan 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.



# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISIS PERKIRAAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

### TUGAS AKHIR

Oleh :

**FIRMAN HIDAYAT**  
**11655101289**

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 11 Juli 2023

Pekanbaru, 11 Juli 2023

Mengesahkan,

Ketua Program Studi

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

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

### DEWAN PENGUJI :

**Ketua** : Ahmad Faizal, S.T., M.T.

**Sekretaris** : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.

**Anggota I** : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc.

**Anggota II** : Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T.

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



Lampiran Surat :  
 Nomor : Nomor 25/2021  
 Tanggal : 10 September 2021

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : FIRMAN HIDAYAT  
 NIM : 11655101289  
 Tempat/Tgl. Lahir : PADANG / 31 JULI 1998  
 Fakultas Pascasarjana : EST  
 Prodi : TEKNIK ELEKTRO

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

ANALISIS ~~MASA PAKAI~~ PERKIRAAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR  
BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

Penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya\* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.

Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.

Oleh karena itu Disertasi/Thesis/Skripsi/Karya Ilmiah lainnya\* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.

Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertasi/Thesis/Skripsi/(Karya Ilmiah lainnya)\* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikianlah Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 14 JULI 2023  
 buat pernyataan

METERAI TEMPEL  
 0069EAKX509808229  
 FIRMAN HIDAYAT  
 NIM : 11655101289

\* pilih salah satu sesuai jenis karya tulis



## LEMBAR HAK ATAS KELAYAKAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia dipergustakaan 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 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 PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang*

Menuntut ilmu adalah kewajiban bagi setiap muslim, Nabi Muhammad SAW meladani dari segala keteladanan. Izinkan hamba-Mu untuk menjadi pengikut setia, yang senantiasa menyerukan nama-Mu dan ayat-Mu, yang senantiasa meneladani perilaku utusan-Mu. Sehingga hamba-Mu bisa menyampaikan kebenaran agama yang dibawa utusan-Mu.

Katakanlah (Muhammad), *“Sesungguhnya salatku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan seluruh alam”* (QS. Al-An’am: 162)

Allah senantiasa mengasihi hamba Nya, Tidak akan diberikan ujian jika hamba Nya tidak sanggup melewatinya. Usaha tidak akan mengkhianati hasil walaupun banyak rintangan suatu saat pasti akan ada jalan, begitulah perjalanan kuliahku hingga aku mencapai kedepan pintu gerbang sarjana. Ini semua tidak akan terjadi kalau Allah tidak mengizinkan, maka semua rasa syukur ini kupersembahkan kepadamu Ya Rabb.

*“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”* (QS. Al baqarah: 286)

Ku persembahkan karya ini untuk kedua orang tuaku yaitu ibuk dan bapak tercinta, sosok pejuang dan semangat dalam hidupku yang tak pernah mengenal kata lelah apalagi mengeluh serta adik tercinta, seluruh keluarga serta sahabat dan seluruh keluarga besar teknik elektro UIN SUSKA RIAU yang doanya senantiasa mengiringi setiap derap langkahku dalam menuju kesuksesan.

*“Niscaya Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang di beri ilmu beberapa derajat”* (Qs. Al-Mujadilahk : 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 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.

# ANALISIS PERKIRAAN MASA PAKAI TRANSFORMATOR BERDASARKAN BEBAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR

**FIRMAN HIDAYAT**  
**NIM: 11655101289**

Tanggal Sidang: 11 Juli 2023

Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim  
Riau

Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

## ABSTRAK

Gardu Induk Padang Luar terjadi pembebanan berlebih atau peningkatan beban. Di Gardu Induk Padang Luar memiliki 2 unit transformator daya 30 MVA dan 60 MVA. Transformator 60 MVA memiliki pembebanan transformator lebih tinggi dibandingkan transformator 30 MVA yang mempengaruhi masa pakai transformator. Beban transformator 60 MVA dalam rentang waktu 2019 hingga 2021 meningkat sebesar 20,22% siang hari dan 21,28% malam hari, sehingga suhu *hotspot* transformator dalam rentang waktu 2019 hingga 2021 mengalami peningkatan sebesar 55,59<sup>0</sup>C pada siang hari dan 54,53<sup>0</sup>C pada malam hari. Penelitian ini bertujuan melakukan perkiraan masa pakai transformator menggunakan metode regresi linear berdasarkan pembebanan. Hasil perkiraan beban tahun 2022 pada siang hari 35,34% meningkat menjadi 79,58% pada tahun 2035 sedangkan beban pada malam hari pada tahun 2022 sebesar 41,87% menjadi 93,47% pada tahun 2035. Peningkatan beban mempengaruhi Suhu *hotspot*, hasil perkiraan Suhu *hotspot* pada siang hari 38,5<sup>0</sup>C di tahun 2022 dan pada tahun 2035 menjadi 85,71<sup>0</sup>C. Sedangkan pada malam hari suhu *hotspot* 45,1<sup>0</sup>C dan meningkat pada tahun 2035 menjadi 100,67<sup>0</sup>C. Berdasarkan peningkatan beban transformator, diperkirakan masa pakai transformator pada tahun 2022 >20 tahun dan pada tahun 2035 masa pakai transformator < 1 tahun (1 bulan).

**Kata Kunci :** Masa Pakai, Pembebanan, Regresi Linear, Suhu, Transformator



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

# ANALYSIS OF TRANSFORMER LIFE ESTIMATION BASED ON LOAD USING THE LINEAR REGRESSION METHOD

**FIRMAN HIDAYAT**  
**NIM: 11655101289**

*Date of final exam: 11 July 2023*

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

## ABSTRACT

*The Padang Luar Substation causes an overload or an increase in load. At the Padang Luar Substation, there are 2 units of 30 MVA and 60 MVA power transformers. The 60 MVA transformer has a higher transformer loading than the 30 MVA transformer which affects the lifetime of the transformer. The 60 MVA transformer load in the period 2019 to 2021 increases by 20.22% during the day and 21.28% at night, so that the hotspot temperature of the transformer in the period 2019 to 2021 increases by 55.59<sup>0</sup>C during the day and 54.53<sup>0</sup>C at night . This study aims to estimate the service life of a transformer using the linear regression method based on loading. The estimated load for 2022 during the day is 35.34% increasing to 79.58% in 2035 while the load at night in 2022 is 41.87% to 93.47% in 2035. The increase in load affecting hotspot temperature, Results Estimated daytime hospot temperature is 38.5<sup>0</sup>C in 2022 and in 2035 it will be 85.71<sup>0</sup>C. Meanwhile, at night the hotspot temperature is 45.1<sup>0</sup>C and will increase in 2035 to 100.67<sup>0</sup>C. Based on the increase in transformer load, it is estimated that the service life of transformers in 2022 is >20 years and in 2035 the service life of transformers is <1 year (1 month).*

**Key words:** *Service Life, Loading, Linear Regression, Temperature, Transformer*



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.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalammu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga penulis haturkan kepada baginda Rasulullah SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan suri tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut di contoh dan di teladani bagi kita semua. Atas ridho Allah SWT penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Perkiraan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear**”.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do'a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi Uin Suska Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana:

1. Allah Swt yang dengan rahmat-Nya memberikan semua yang terbaik dan yang dengan hidayah-Nya memberikan petunjuk sehingga dalam penyusunan laporan ini berjalan lancar.
2. Kepada ayahanda tercinta Muzarman dan ibunda tercinta Fisra Yenti, yang selalu memberikan motivasi dan doa yang tiada henti – hentinya.
3. Kepada saudara kandung, Nurul Fadhillah, Rafifah Fauziah, dan Luthfi Alzikri, yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Kepada Nevia Dwi Amanda yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir in.
5. Bapak Prof. Dr. Hairunas, M.Ag. selaku Rektor Uin Suska Riau beserta kepada seluruh staf dan jajarannya.
6. Bapak Dr. Hartono, M.Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Uin Suska Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan jajarannya.

#### 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.

7. Ibu Zulfatri Aini ST.,MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

8. Ibu Marhama Jelita S.Pd., M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc dan Ibu Zulfatri Aini ST.,MT, selaku dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran yang sangat membangun terhadap penulis.

10. Ibu Dr. Liliana ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik selama perkuliahan penulis dari semester 1 hingga akhir semester.

11. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.

12. Terima kasih untuk hari-hari hari-harinya selama ini (Tiko Arjanati P, Aulia Ulhamdi, Ahmad Ridwan Syarif, Abdul Rahim, Marza Devi Devana, M. Syuherdi Zul, Wahyudi dan Mhd. Azwar Taruna ). Sehingga Tugas Akhir ini terselesaikan juga pada akhirnya.

13. Para Sahabat Didi Azhari, Gezan Utuh Ilahi, Havid Hendrian, Ilham Purwandi yang telah memberikan dukungan, dorongan dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

14. Dan juga kepada teman-teman yang lain seperti; Haris Adwel, Rifki Aulia, Mazlan, Azlan, Rudi Ilham, Jamiul khair, dan Daya Rheka Pramastadiva yang telah memberikan dukungan, semangat, dan motivasi serta pengalaman hidup kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini

15. ElClasic'16, Energi 2016 serta teman-teman teknik elektro angkatan 2016 lainnya yang juga telah memberikan banyak dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini serta teman-teman penulis lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi dorongan, motivasi dan sumbangan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini



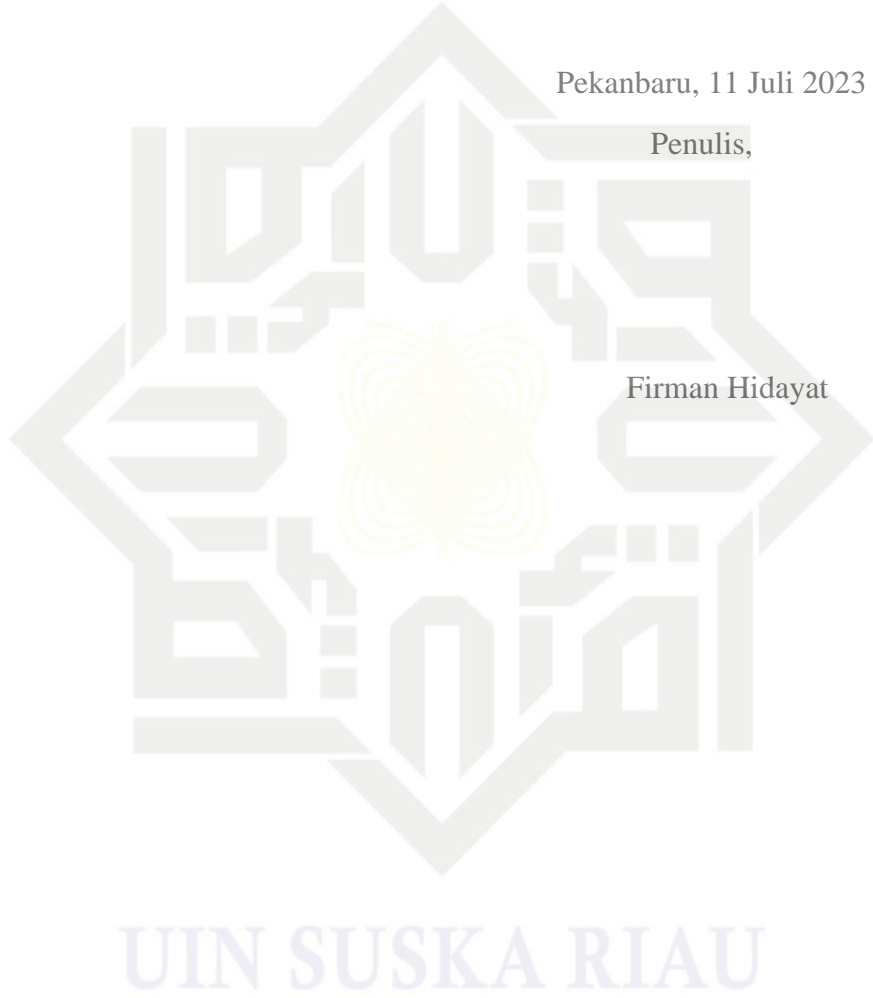
1. jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersedia positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini

*Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

Pekanbaru, 11 Juli 2023

Penulis,

Firman Hidayat



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.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Rumusan Masalah .....	I-3
1.3. Tujuan Penelitian .....	1-3
1.4. Batasan Masalah.....	1-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Terkait .....	II-1
2.2. Landasan Teori .....	II-5
2.2.1. Transformator .....	II-5
2.2.2. Prinsip Kerja Transformator .....	II-6
2.2.3. Bagian-bagian transformator.....	II-7
2.2.4. Jenis-jenis Transformator.....	II-11
2.2.5. Regresi Linear .....	II-13
2.2.6. Menentukan Variabel Penyebab dan Akibat.....	II-14
2.2.7. Suhu Hotspot.....	II-14
2.2.8. Masa Pkai Transformator.....	II-15
2.2.9. Software Mintab.....	II-16



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 III METODOLGI PENELITIAN**

1.1.	Prosedur Penelitian .....	III-1
1.2.	Tahap Perencanaan .....	III-2
1.3.	Studi Literatur .....	III-2
1.4.	Pengumpulan Data .....	III-2
3.4.1.	Data Spesifikasi Transformator .....	III-2
3.4.2.	Data Transformator .....	III-3
3.5.	Menghitung Perkiraan Beban .....	III-3
3.6.	Menghitung Perkiraan Suhu Hotspot .....	III-4
3.7.	Menghitung Perkiraan Masa Pkai Transformator .....	III-4
3.8.	Kesimpulan dan Saran .....	III-5

**BAB IV HASIL DAN ANALISA**

4.1.	Menghitung Perkiraan Beban.....	IV-1
4.2.	Menghitung Perkiraan Suhu <i>Hotspot</i> .....	IV-7
4.3.	Perkiraan Masa Pakai Transformator.....	IV-8

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1.	Kesimpulan .....	V-1
5.2.	Saran.....	V-1

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

UIN SUSKA RIAU



## DAFTAR GAMBAR

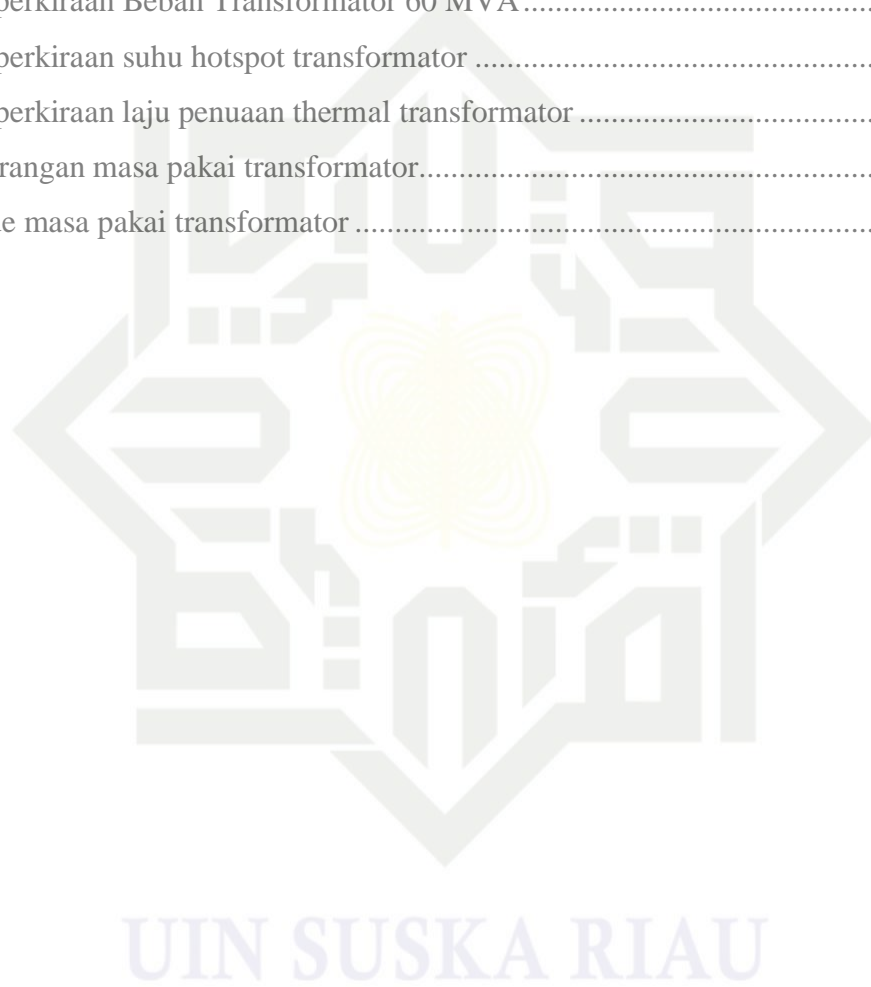
Gambar	Halaman
Gambar 2.1 <i>Prinsip Hukum Elektromagnetik</i> .....	II-6
Gambar 2.2 <i>Prinsip Kerja Transformator</i> .....	II-6
Gambar 2.3 <i>Inti Besi</i> .....	II-8
Gambar 2.4 <i>Belitan Trafo</i> .....	II-8
Gambar 2.5 <i>Bhusing</i> .....	II-9
Gambar 2.6 <i>Konservator</i> .....	II-10
Gambar 2.7 <i>Minyak isolasi Trafo</i> .....	II-10
Gambar 4.1 <i>Nilai X pada mintab</i> .....	IV-1
Gambar 4.2 <i>Nilai Y siang pada mintab</i> .....	IV-2
Gambar 4.3 <i>Nilai Y malam pada mintab</i> .....	IV-2
Gambar 4.4 <i>Hasil regresi linear data siang</i> .....	IV-3
Gambar 4.5 <i>Hasil regresi linear data malam</i> .....	IV-4
Gambar 4.6 <i>Grafik perkiraan masa pakai transformator</i> .....	IV-13

UIN SUSKA RIAU

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

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3.1 Spesifikasi transformator daya 60 MVA .....	III-2
Tabel 3.2 Data transformator 60 MVA tahun pemasangan 2017.....	III-3
Tabel 4.1 Hasil perkiraan Beban Transformator 60 MVA.....	IV-6
Tabel 4.2 Hasil perkiraan suhu hotspot transformator .....	IV-7
Tabel 4.3 Hasil perkiraan laju penuaan thermal transformator .....	IV-9
Tabel 4.4 Pengurangan masa pakai transformator.....	IV-10
Tabel 4.5 Periode masa pakai transformator .....	IV-11



- 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

Tenaga listrik merupakan salah satu komponen dalam mewujudkan dan meningkatkan kesejahteraan rakyat serta mencerdaskan kehidupan bangsa dalam rangka mewujudkan cita-cita bangsa. Mengingat pentingnya ketenagalistrikan, penyelenggaraan penyediaan tenaga listrik yang lebih merata, andal, dan berkelanjutan, diperlukan perencanaan yang komprehensif, dengan semangat pembangunan nasional dalam koridornya. Tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan masyarakat, oleh karena itu pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan harus berpegang pada asas manfaat, efisiensi, pemerataan, keberlanjutan dan optimalisasi ekonomi dalam pemanfaatan sumber daya energi untuk memenuhi konsumsi energi di Indonesia [1].

Konsumsi energi di Indonesia pada saat ini selalu meningkat, Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) no.143K/20/MEM/2019 yang membahas tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Tahun 2019 sampai dengan Tahun 2038, memproyeksikan bahwa kebutuhan energi listrik Indonesia meningkat 6,9% pertahunnya. Yang mana harus diimbangi dengan tambahan kapasitas pembangkit sebesar 8,5 GW pertahun. Adapun konsumsi tenaga listrik di pulau Sumatera termasuk konsumsi di luar wilayah PT PLN (Persero) mencapai sekitar 47 TWh dengan kondisi ketersediaan listrik di pulau Sumatera menjadi salah satu yang terbesar diantara pulau lain [1].

Kondisi penyediaan tenaga listrik di Pulau Sumatera mencakup kondisi sistem tenaga listrik di wilayah daratan dan kepulauan Sumatera. Total kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik pada tahun 2018 sekitar 13.417 MW yang terdiri dari pembangkit PT PLN (Persero) sekitar 7.656 MW. Pemerintah sekitar 10 MW dan 10 Non BBM sekitar 2.539 MW dengan provinsi Sumatera Barat menjadi provinsi total daya mampu netto (DMN) terbesar ke 4 di pulau Sumatera [1].

Total daya mampu netto (DMN) pembangkit tenaga listrik yang ada di Provinsi Sumatera Barat 706 MW yang didominasi oleh pembangkit perusahaan PT PLN (Persero) sekitar 695 MW (98%), dan non PT PLN (Persero) sekitar 11 MW (2%). Adapun berdasarkan jenisnya, DMN pembangkit tersebut didominasi oleh PLTU batubara sekitar 368 MW (52%), PLTA sekitar 252 MW (35,7%), PLTG sekitar 51 MW (7,3%), PLTM sekitar 25 MW (3,5%), PLTD sekitar & MW (1%), PLTS sekitar 1,4 MW (0,2%), PLTMH





sekitar 1 MW (0,2%), PLTBg sekitar 1 MW (0,1%). Konsumsi energi listrik di Provinsi Sumatera Barat tahun 2018 mencapai sekitar 3.521 GWh dengan komposisi konsumsi persektor pemakai didominasi oleh sektor rumah tangga sekitar 1.781 GWh(13%), dan publik sekitar 304 GWh (9%) dimana pendistribusian listrik di kelola oleh PT. PLN Regional Sumatera Barat [1].

PT. PLN Regional Sumatera Barat yang terdapat didalamnya Unit Layanan Transmisi Gardu induk (ULTG) Bukittinggi dan Unit Pelaksanaan Transmisi (UPT) Padang PT. PLN (Persero) merupakan gardu induk sumber listrik yang terletak di kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat. Suplai energi listrik lewat sistem interkoneksi terhadap banyak pusat listrik serta pusat beban yang ada pada sistem kelistrikan di Kota Bukittinggi dan sekitarnya. Gardu induk Padang Luar ialah gardu induk dalam segi operasional, gardu induk ini lebih efektif dan memiliki peranan penting, karena dapat menyuplai listrik untuk kota Bukittinggi dan sekitarnya. Di Gardu Induk padang luar memiliki 2 unit transformator daya 30 MVA dan 60 MVA yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan yang digunakan untuk mendistribusikan energi listrik, adapun melakukan penelitian terhadap transformator 60 MVA dikarenakan pembebanan transformator lebih tinggi dibandingkan transformator 30 MVA [2].

Beban transformator 60 MVA dalam rentang waktu 2019 hingga 2021 meningkat sebesar 20,22% pada siang hari dan 21,28% pada malam hari. Ketika suatu transformator dibebani secara terus-menerus akan membuat suhu *hotspot* menjadi panas. Berdasarkan data di transformator 60 MVA suhu transformator dalam rentang waktu 2019 hingga 2021 mengalami peningkatan sebesar 26,67<sup>0</sup>C pada siang hari dan 33,6<sup>0</sup>C pada malam hari [2].

Saat ini permasalahan yang timbul pada transformator disebabkan meningkatnya pemakaian listrik oleh konsumen dan kenaikan suhu *hotspot* secara signifikan. Permasalahan ini mengakibatkan timbulnya pembebanan berlebih atau *overload* pada transformator selama beroperasi di sistem distribusi. Kategori pembebanan berlebih yaitu saat beban transformator melebihi ratingnya. Jika kondisi *overload* terus berlangsung dan tidak ada pencegahan atau perawatan, maka batas ketahanan isolasi pada komponen transformator akan menurun, penurunan kemampuan isolasi disebabkan naiknya suhu *hotspot* yang dapat mempengaruhi masa pakai transformator.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka dilakukakan pengkajian tentang perkiraan masa pakai transformator di Gardu Induk Padang Luar pada transformator 60 MVA karena pembebanan. Kajian perkiraan masa pakai transformator pada penelitian ini

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.

perkiraan memperkirakan beban transformator dan perkiraan suhu *hotspot* dari tahun 2022 ke tahun 2035 berdasarkan data historis pada tahun 2019 sampai tahun 2021 dengan menggunakan metode regresi linear di bantu dengan menggunakan *software* Minitab. Berdasarkan latar belakang diatas, tertarik melakukan penelitian tentang “**Analisis Perkiraan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode Regresi Linear.**”

## 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar Belakang diatas, rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Berapa perkiraan pembebanan pada transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar ?
2. Berapa perkiraan suhu *hotspot* pada transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar?
3. Bagaimana Pengaruh perkiraan beban dan perkiraan suhu *hotspot* terhadap masa pakai transformator daya 60 MVA di Gardu induk Padang Luar?

## 1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis perkiraan pembebanan transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar.
2. Menganalisis perkiraan suhu *hotspot* transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar.
3. Menganalisis pengaruh perkiraan pembebanan dan perkiraan suhu *hotspot* terhadap masa pakai transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar.

## 1.4. Batasan masalah

1. Menghitung perkiraan beban pada transformator 60 MVA Gardu Induk Padang Luar.
2. Menghitung perkiraan suhu *hotspot* pada transformator 60 MVA Gardu Induk Padang Luar.
3. Menghitung perkiraan masa pakai transformator berdasarkan beban dan suhu *hotspot* pada transformator 60 MVA Gardu induk Padang Luar.

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

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terkait ini dilakukan secara studi literatur yang mencari teori, referensi didapat dari jurnal dan sumber lainnya dibahas pada bab ini adalah penelitian yang berhubungan dengan perkiraan masa pakai transformator menggunakan metode regresi linear.

Penelitian yang telah dilakukan mengenai pembebanan berlebih pada transformator yaitu penelitian yang berjudul Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Beban Menggunakan Metode regresi linear bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk meramalkan masa pakai transformator distribusi yang beroperasi selama 24 jam dengan hasil peramalan masa pakai transformator area lenteng agung dipengaruhi oleh beban dari tahun 2014-2017. Rata rata beban puncak tiap transformator area Lenteng Agung sebesar 63,06% untuk transformator JGK6, 26,53% untuk transformator RG72, 33,80% untuk transformator RG98P dan 20,93% untuk transformator RG168 [3].

Selanjutnya penelitian yang berjudul Analilis Peramalan Beban Transformator Jaringan Distribusi Pada PT. PLN ULP Ambulu Penyulang Jatimulyo Menggunakan Metode Regresi Linear yang dilakukan yaitu jika nilai variabel independent (Jumlah penduduk) tetap, dan koefisien (PDRB) mengalami kenaikan setiap 1%, maka Y akan mengalami peningkatan sebesar koefisien (b2). Dapat disimpulkan bahwa PDRB sangat mempengaruhi pertumbuhan beban puncak transformator. Pengaruh beban puncak dapat diakibatkan oleh adanya beban berlebih atau overload ketika pembebanan terjadi melebihi 80%. Dan transformator pada kondisi tersebut disarankan untuk diganti agar kinerja transformator menjadi optimal [4].

Penelitian selanjutnya yang berjudul Metode *Roll-Up Force Down* Untuk Peramalan Beban Konsumen Pada Transformator Gardu Induk dilakukan yang tujuan penelitian mengevaluasi transformator pada gardu induk dengan memprediksi beban konsumen, dan berapa besar total bisnis (target) manajemen yang dapat ditanggung transformator dengan kapasitas terpasang sehingga diharapkan tidak terjadi pemadaman energi listrik dikarenakan kapasitas transformator gardu induk tidak mampu menanggung besarnya permintaan konsumen dengan hasil perhitungan menunjukkan pada bulan-ke 12, nilai roll-up forecast sebesar Rp780.787.158.836 disisi lain total bisnis manajemen ditetapkan

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 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.

sebesar Rp1.000.000.000.000. Untuk total bisnis manajemen yang telah ditetapkan diperkirakan pada bulan ke-40 target tersebut tercapai dengan hasil *roll up* sebesar Rp 1.000.802.944.527 [5].

Penelitian selanjutnya yang berjudul Peramalan Beban Pada Gardu Induk PT. PLN (Persero) UP3B Kalimantan Barat diperoleh hasil perhitungan pada gardu induk senggiring dipilih regresi linier yang memiliki standar error terkecil dibandingkan dengan regresi eksponensial dan daya, perkiraan beban puncak pada tahun 2027 sebesar 38.865 MVA. Untuk Gardu Siantan dipilih fungsi regresi daya karena memiliki standar error yang lebih kecil dibandingkan dengan regresi linier dan eksponensial, estimasi beban puncak pada tahun 2023 sebesar 39,419MVA dan untuk Gardu Induk Sera dipilih fungsi regresi linier karena memiliki standard error terkecil dibandingkan regresi eksponensial dan daya, sehingga didapatkan estimasi beban puncak pada gardu Sei.raya tahun 2027 sebesar 178.362 MVA dari ketiga gardu tersebut hampir melebihi kapasitas pada masing-masing gardu dan harus diantisipasi dengan solusi yang tepat atau dengan penambahan transformator daya pada gardu induk [6].

Penelitian yang berjudul Studi Pengaruh Beban Puncak Terhadap Susut Umur Transformator Di PT. PLN (Persero) Rayon Daya yang mendapatkan hasil pembebanan transformator PT.IBT.007 dan transformator PT.IBT.SPTC masing-masing 90.3% dan 91.5%. susut umur yang didapatkan sebesar 122% dan 136% sehingga sisa umur transformator diperkirakan 15 tahun dan 12 tahun [7].

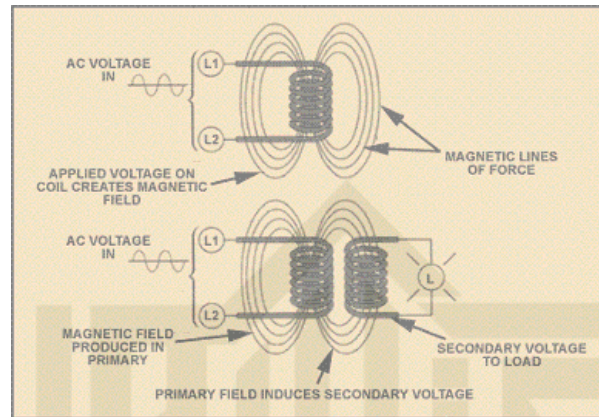
Penelitian ini akan mengkaji tentang perkiraan masa pakai transformator di Gardu Induk Padang Luar pada transformator 60 MVA karena pembebanan. Kajian perkiraan masa pakai transformator pada penelitian ini akan memperkirakan beban transformator dari tahun 2022 ke tahun 2035 berdasarkan data historis pada tahun 2019 sampai tahun 2021 dengan menggunakan metode regresi linear.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Transformator

Transformator merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan terdiri dari 2 atau lebih belitan secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan ) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC 60076 -1 tahun 2011). Transformator menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum *ampere* dan induksi *faraday*, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat

membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet/fluks medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi [8].



Gambar 2.1 Prinsip hukum elektromagnetik [9].

Arus AC yang mengalir pada belitan primer membangkitkan flux magnet yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua belitan, flux magnet tersebut menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial/tegangan induksi [10].

### 2.2.2. Prinsip Kerja Transformator

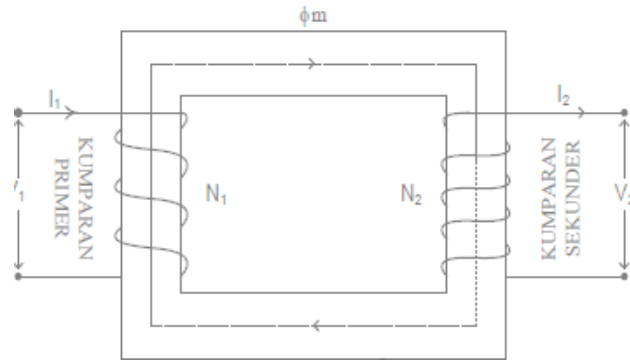
Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Gerak Gaya Listrik (GGL Induksi) dan hukum *faraday* yaitu ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik (AC), maka akan terjadinya perubahan arus listrik pada sisi kumparan primer sehingga menimbulkan perubahan medan magnet. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi. Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan, sehingga fluks magnet yang timbul akan mengalir ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*) [11].

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.



Gambar 2.2 Prinsip kerja Transformator [12].

Untuk nilai tegangan dikumparan sebagai berikut :

$$V_P = N_P \frac{d\phi}{dt} \tag{2.1}$$

$$V_S = N_S \frac{d\phi}{dt} \tag{2.2}$$

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \tag{2.3}$$

Apabila :

$N_P > N_S = V_P > V_S$  maka trafo *step down*

$N_P < N_S = V_P < V_S$  maka trafo *step up*

Untuk transformator ideal :

$$P_P = P_S \tag{2.4}$$

$$V_P \cdot I_P = V_S \cdot I_S \tag{2.5}$$

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{I_P}{I_S} = \frac{I_S}{I_P} \tag{2.5}$$

Dimana :

$\frac{d\phi}{dt}$  = Perubahan fluks magnet

$V_P$  = ggl induksi/tegangan sesaat pada kumparan primer (V)

$V_S$  = ggl induksi/tegangan sesaat pada kumparan sekunder (V)

$N_P$  = jumlah lilitan kumparan primer

$N_S$  = jumlah lilitan kumparan sekunder

$P_P$  = Daya primer

$P_S$  = Daya sekunder

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.

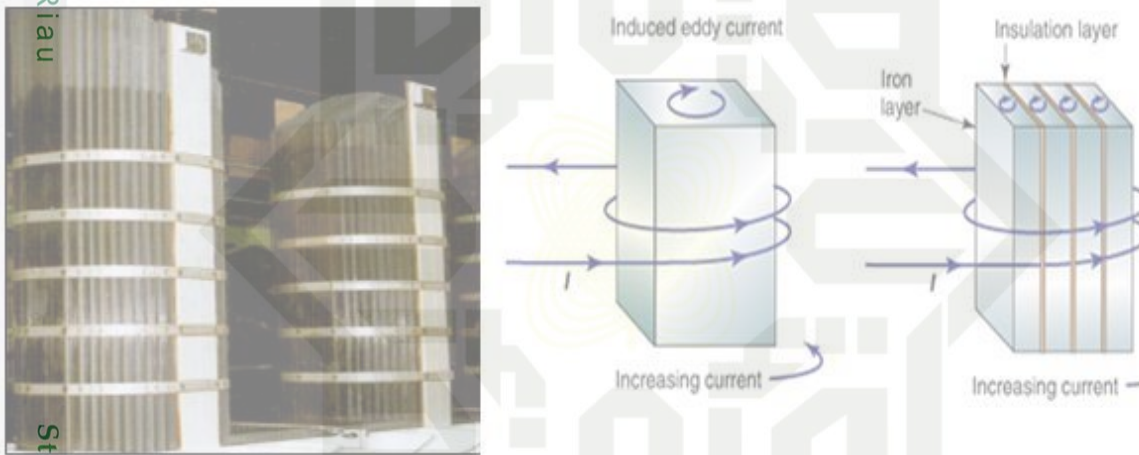
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

**2.2.3 Bagian – Bagian Transformator**

Ada beberapa bagian pada transformator sebagai berikut :

**2.2.3.1 Elektromagnetic Cirkuit (Inti Besi)**

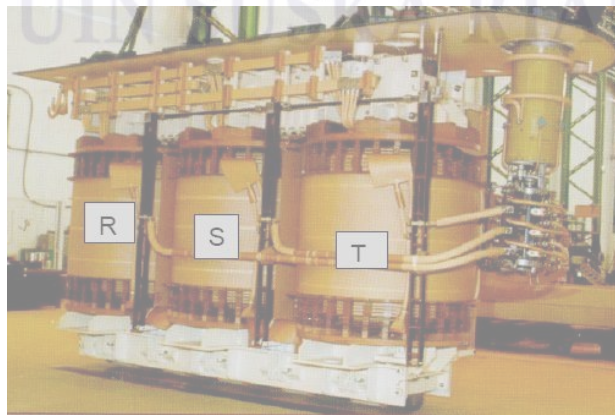
Inti besi digunakan sebagai media mengalirnya flux yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi dengan maksud untuk mengurangi *eddy current* yang merupakan arus sirkulasi pada inti besi hasil induksi medan magnet, dimana arus tersebut akan mengakibatkan rugi-rugi (losses) [9].



Gambar 2.3 Inti Besi [9]

**2.2.3.2 Current Carrying Circuit (winding)**

Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik [13].



Gambar 2.4 Belitan Trafo [9]

### 2.2.3.4 Bushing

*Bushing* merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar.

*Bushing* terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor *bushing* dengan *body main tank* transformator [14].



Gambar 2.5 *Bushing* [9]

### 2.2.3.5 Pendingin

Suhu pada trafo yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, rugi-rugi pada trafo itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada trafo. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan. Minyak isolasi trafo selain merupakan media isolasi juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan akan didinginkan pada sirip-sirip radiator. Adapun proses pendinginan ini dapat dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan [15].

### 2.2.3.6 Oil Preservation & Expansion (Konservator)

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada trafo, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat trafo mengalami kenaikan suhu [15].

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.



**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 2.6 Konservator

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuai dan penyusutan minyak, volume udara di dalam konservator akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara di dalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar (untuk tipe konservator tanpa *rubberbag*), maka udara yang masuk kedalam konservator akan difilter melalui silicagel sehingga kandungan uap air dapat diminimalkan [15].

### 2.2.3.7 Dielectric (Minyak isolasi Trafo)

Minyak isolasi pada trafo berfungsi sebagai media isolasi, pendingin dan pelindung belitan dari oksidasi. Minyak isolasi trafo merupakan minyak mineral yang secara umum terbagi menjadi tiga jenis, yaitu parafinik, naphthanik dan aromatik. Antara ketiga jenis minyak dasar tersebut tidak boleh dilakukan pencampuran karena memiliki sifat fisik maupun kimia yang berbeda [9].



Gambar 2.7 Minyak isolasi trafo [9]

### 2.2.3.8 Tap changer (Perubahan Tap)

*Tap changer* adalah alat perubah pembanding transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang sesuai dengan tegangan sekunder yang diinginkan dari tegangan primer yang berubah-ubah. *Tap changer* hanya dapat dioperasikan pada keadaan trafo tidak bertegangan atau disebut dengan “*OffLoad Tap Changer*” serta dilakukan secara manual [9].

### 2.2.4 Jenis Jenis Transformator

Ada beberapa jenis Trafo yang digunakan dalam sistem kelistrikan untuk keperluan yang berbeda-beda. Keperluan-keperluan tersebut diantaranya seperti trafo yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk keperluan distribusi dan transmisi tenaga listrik. Perangkat yang dalam bahasa Inggris disebut dengan *transformer* ini dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa jenis, diantaranya seperti pengklasifikasian berdasarkan level tegangan, berdasarkan media atau bahan inti (*core*) trafo yang digunakan, berdasarkan pengaturan lilitan, berdasarkan penggunaannya dan juga berdasarkan tempat penggunaannya [16].

#### 2.2.4.1 Jenis Jenis transformator Berdasarkan level Tegangan

Transformator yang diklasifikasikan berdasarkan level tegangan ini merupakan trafo yang paling umum dan sering kita gunakan. Pengklasifikasian ini pada dasarnya tergantung pada rasio jumlah gulungan di kumparan Primer dengan jumlah kumparan Sekundernya. Jenis Trafo berdasarkan level tegangan ini diantaranya adalah Trafo *Step Up* dan Trafo *Step Down* [16].

##### a. Trafo *step up*

Trafo *Step Up* adalah trafo yang berfungsi untuk menaikkan taraf atau level tegangan AC dari rendah ke taraf yang lebih tinggi. Tegangan sekunder sebagai tegangan output yang lebih tinggi dapat ditingkatkan dengan cara memperbanyak jumlah lilitan di kumparan sekundernya daripada jumlah lilitan di kumparan primernya. Pada pembangkit listrik trafo jenis ini digunakan sebagai penghubung trafo generator ke grid [16].

##### b. Trafo *step down*

Trafo *Step Down* adalah trafo yang digunakan untuk menurunkan taraf level tegangan AC dari taraf yang tinggi ke taraf yang lebih rendah. Pada trafo *step down* ini, rasio jumlah lilitan pada kumparan primer lebih banyak jika dibandingkan dengan jumlah lilitan pada kumparan sekundernya. Di jaringan distribusi, transformator atau trafo step

ini biasanya digunakan untuk mengubah tegangan grid yang tinggi menjadi tegangan rendah yang bisa digunakan untuk peralatan rumah tangga. Sedangkan di rumah tangga, kita sering menggunakannya untuk menurunkan taraf tegangan listrik yang berasal dari PLN (220V) menjadi taraf tegangan yang sesuai dengan peralatan elektronik [16].

#### 2.2.4.2 Jenis Jenis Transformator Berdasarkan bahan Inti (*core*)

Berdasarkan media atau bahan Inti yang digunakan untuk lilitan primer dan lilitan sekunder, trafo dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu trafo berinti udara (*Air Core*) dan trafo berinti besi (*Iron Core*) [17].

##### a. Transformator berinti udara (*Air Core Transformer*)

Pada trafo yang berinti udara, gulungan primer dan gulungan sekunder dililitkan pada inti berbahan non-magnetik yang biasanya berbentuk tabung yang berongga. Bahan non-magnetik yang dimaksud tersebut dapat berupa bahan kertas ataupun karton. Ini artinya, hubungan hubungan fluks antara gulungan primer dan gulungan sekunder adalah melalui udara. Tingkat kopling atau induktansi mutual diantara lilitan-lilitan tersebut lebih kecil dibandingkan dengan trafo yang berinti besi. Kerugian histerisis dan kerugian arus eddy yang biasanya terjadi pada trafo inti besi dapat dikurangi atau bahkan dapat dihilangkan pada trafo yang berinti udara ini. Trafo inti udara ini biasanya digunakan pada rangkaian frekuensi tinggi [17].

##### b. Transformator berinti besi (*Iron Core Transformer*)

Pada trafo berinti besi, gulungan primer dan gulungan sekunder dililitkan ada inti lempengan-lempengan besi tipis yang dilaminasi. Trafo inti besi memiliki efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan trafo yang berinti udara. Hal ini dikarenakan bahan besi mengandung sifat magnetik dan juga konduktif sehingga mempermudah jalannya fluks magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan serta untuk mengurangi suhu panas yang ditimbulkan. Trafo yang berinti besi biasanya digunakan pada aplikasi frekuensi rendah [17].

#### 2.2.4.3 Jenis Jenis Transformator Berdasarkan Penggunaan

Trafo dapat digunakan untuk melakukan berbagai fungsi sesuai dengan kebutuhannya. Trafo jenis ini dapat diklasifikasikan menjadi trafo daya, trafo distribusi, trafo pengukuran dan trafo proteksi [16].

##### a. Transformator daya (*Auto Transformer*)

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.

Transformator daya adalah jenis trafo yang berukuran besar dan digunakan untuk aplikasi transfer daya tinggi yang mencapai hingga 33 KV. Trafo daya ini sering digunakan di stasiun pembangkit listrik dan gardu transmisi. Trafo daya biasanya memiliki tingkat insulasi yang tinggi [16].

#### b. Transformator Distribusi (*Distribution Transformer*)

Trafo Distribusi atau *distribution transformer* digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari pembangkit listrik ke daerah perumahan ataupun lokasi industri. Pada dasarnya, Trafo distribusi ini mendistribusikan energi listrik pada tegangan rendah yang kurang dari 33 kilo Volt untuk keperluan rumah tangga ataupun industri yang berada dalam kisaran tegangan 220V hingga 440V [16].

#### c. Transformator pengukuran (*Measurement Transformer*)

Trafo pengukuran ini digunakan untuk mengukur kuantitas tegangan, arus listrik dan daya yang biasanya diklasifikasikan menjadi trafo tegangan dan trafo arus listrik dan lain-lainnya [16].

#### d. Transformator proteksi (*Protection Transformer*)

Transformator ini digunakan untuk melindungi komponen listrik. Perbedaan utama antara trafo proteksi dan trafo pengukuran adalah pada akurasinya. Dimana trafo proteksi harus lebih akurat jika dibandingkan dengan trafo pengukuran [16].

### 2.2.5 Regresi Linear

Regresi linear adalah hubungan yang didapat dan dinyatakan dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel- variabel. Persamaan 2.6 merupakan persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator. Regresi merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya korelasi antar variabel. Analisis regresi lebih akurat dalam analisis korelasi karena tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya dapat ditentukan. Jadi pada regresi, peramalan atau perkiraan nilai variabel terikat pada nilai variabel bebas lebih akurat [3].

Regresi linier adalah regresi yang variabel bebasnya (variabel X) berpangkat paling tinggi satu untuk regresi sederhana, yaitu regresi linier yang hanya melibatkan dua variabel (variabel X dan Y). Persamaan regresi linear sederhana yang digunakan untuk peramalan beban transformator [3].

$$Y = a + bX \quad (2.6)$$





$$h = \text{Beban transformator (\%)} \times T_{max} \tag{2.10}$$

$$V = \left( \frac{\theta h - 98^\circ C}{6} \right) \tag{2.11}$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan relatif (V)

$\theta$  = Titik suhu panas ( $^\circ C$ )

$T_{max}$  = suhu 98 ( $^\circ C$ )

Persamaan 2.12 digunakan untuk mengetahui pengurangan masa pakai transformator [18]

$$\begin{aligned} \text{Pengurangan masa pakai (24 jam)} &= (t. V. \text{siang1}) + (t. V. \text{malam2}) \\ \text{susut umur (\%)} &= \frac{s.u (\text{jam})}{t} \times 100 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Dimana :

$t$  = waktu (jam)

Karena pemberian beban selalu berubah-ubah setiap harinya dan tidak konstan maka perhitungan tersebut hanya menghitung umur transformator yang hanya dipengaruhi oleh panas kawat lilitan dan bukan yang lain, untuk menghitungnya menggunakan Persamaan berikut [18]:

$$\text{Perkiraan masa pakai pada tahun ke } -n = \frac{\text{umur dasar} - n}{\text{susut umur (\%)}} \tag{2.13}$$

Dimana :

$n$  = lama waktu Transformator beroperasi (tahun)

Karena bebannya konstan maka besar laju penuaan relatif untuk jam perhari sama. Pada penelitian ini, penghitungan beban bukan perhari melainkan tiap 3 bulan dalam 1 tahun. Maka, besar laju penuaan relatif untuk bulan pertahun menggunakan persamaan [19] :

$$L = \frac{h}{3T} \{ \sum 4V_{odd} + \sum 2V_{even} \} \tag{2.14}$$

Dimana :

$L$  = pengurangan

$H$  : konstanta (1)

$V_{odd}, V_{even}$  : laju penuaan thermal relatif

$T$  : periode pengambilan data dalam setahun

### 2.2.9 Software Minitab

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  
 HAK CIPTA SAHAJIA  
 UIN SUSKA RIAU  
 STEVE ISAMBAH  
 UNIVERSITY OF SHILTAH SYRIF RASTIN RIAU



Minitab merupakan salah satu dari sekian banyak program komputer yang digunakan untuk mengerjakan pengolahan data statistik. Minitab menyediakan berbagai kemampuan untuk analisis data statistik baik dasar dan lanjutan. Minitab dirancang untuk mempermudah dalam menganalisa data, baik data sekunder maupun data primer. Minitab dapat mempermudah dalam perhitungan matematis sehingga pengguna minitab lebih fokus pada analisis data dan intepertasi hasil [20].

*Software* Minitab digunakan untuk menghasilkan persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antar variabel akibat ( $Y$ ) dengan satu atau beberapa variabel penyebab ( $X$ ). apabila variabel akibat dihubungkan dengan satu variabel penyebab saja, maka persamaan regresi yang dihasilkan adalah regresi linear sederhana. Nilai koefisien yang dihasilkan harus diuji apakah signifikan atau tidak secara statistik. jika semua koefisien signifikan, maka persamaan regresi yang dihasilkan dapat digunakan untuk memprediksi nilai variabel akibat [20].

Hak Cipta Ditangguhkan UIN Suska Riau

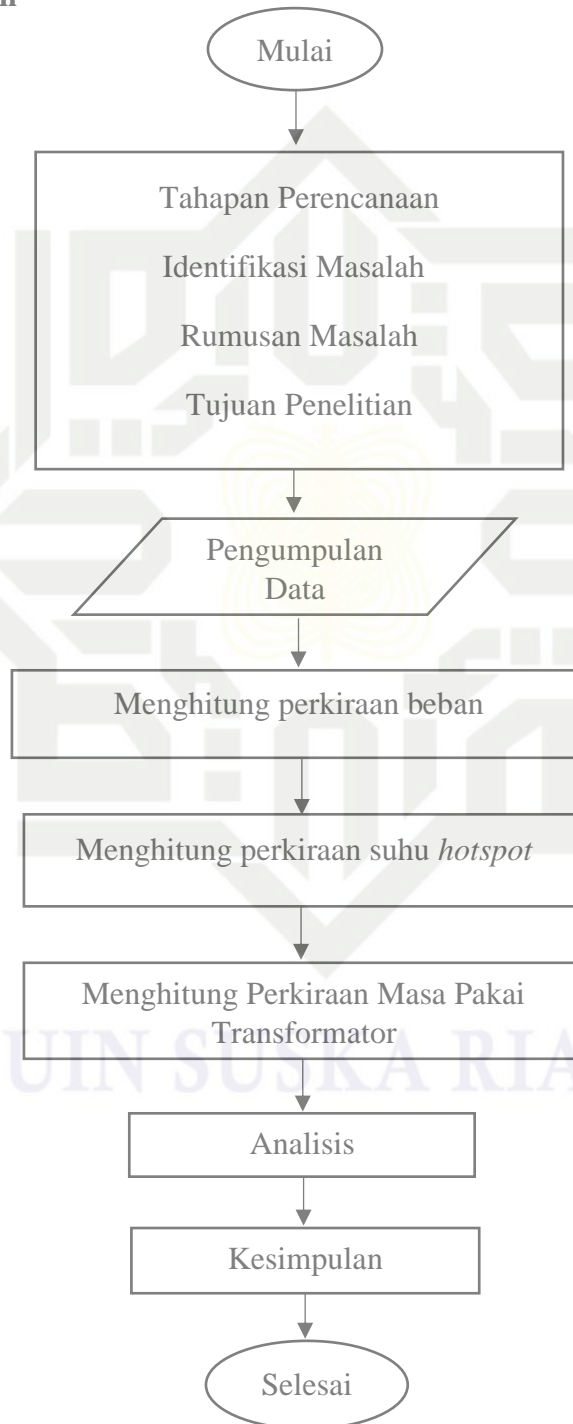
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Prosedur Penelitian

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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



Gambar 3.1 Flowcart tahapan penelitian



## 2. Tahap Perencanaan

Untuk pelaksanaan penelitian ini, tahap perencanaan merupakan hal yang utama untuk mempersiapkan semua hal teknis yang di laksanakan tersusun dengan jelas dan untuk mempermudah penelitian sesuai rencana. Perencanaan tersebut yang disusun dalam penelitian ini yaitu:

### 1. Identifikasi Masalah

Langkah ini dilakukan untuk menentukan permasalahan yang terjadi di penelitian ini yaitu Peningkatan pembebanan dan kenaikan suhu *hotspot* di Gardu Induk Padang Luar dimana beban transformator 60 MVA dalam rentang waktu 2019 hingga 2021 meningkat sebesar 20,22% pada siang hari dan 21,28% pada malam hari, sehingga suhu *hotspot* transformator dalam rentang waktu 2019 hingga 2021 mengalami peningkatan sebesar 55,59<sup>0</sup>C pada siang hari dan 54,53<sup>0</sup>C pada malam hari.

### 2. Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana cara menganalisis masa pakai transformator menggunakan metode regresi linear. Dengan menghitung perkiraan beban dan menghitung perkiraan suhu *hotspot* transformator 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar.

### 3. Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk mengetahui masa pakai transformator 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar. Dengan menghitung perkiraan beban dan menghitung perkiraan suhu *hotspot* 60 MVA di Gardu Induk Padang Luar.

## 3.3. Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini berisikan referensi dari penelitian sebelumnya, buku-buku terkait, tinjauan pustaka terkait dan jurnal-jurnal terkait atau penunjang yang berhubungan serta teori yang mendukung dalam penyelesaian penelitian ini. Studi literatur yang di ambil merupakan penelitian yang berkaitan tentang analisis perkiraan masa pakai transformator berdasarkan beban menggunakan regresi linear.

## 3.4. Pengumpulan Data

Data terbagi dua primer dan sekunder, adapun pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder.

### 3.4.1. Data Spesifikasi Transformator

Data spesifikasi transformator daya 60 MVA pemasangan tahun 2017.

1. Di larang 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 daya 60 MVA

Nama Data	Data
Tahun Pembuatan	2014
Merk	UNINDO
Rated power	60 MVA
Impedansi tegangan	12.5 %
Frekuensi	50 Hz
Jenis Pendingin	ONAN / ONAF
Jumlah Phase	3 phase (RST)

(sumber : PT, PLN Persero Gardu induk padang luar)

### 3.4.2. Data Transformator

Data transformator merupakan data persentase pembebanan dan data persentase suhu hotspot siang dan malam pada transformator 60 MVA

Tabel 3.2 Data transformator 60 MVA tahun pemasangan 2017

No	Tahun operasi	Periode pengambilan data per 3 bulan (X).	% Beban transformator (Y) siang	Suhu pada siang hari (°C)	% Beban transformator (Y) Malam.	Suhu pada malam hari (°C)
10	2019	1	22,5	24,23	28,4	30,59
		2	23,4	25,20	28,5	30,7
		3	24,6	26,50	28,6	30,80
		4	27,0	29,08	29,9	32,20
10	2020	1	27,5	29,62	30,3	32,63
		2	28,2	30,37	30,5	32,85
		3	28,7	30,90	33,4	35,97
		4	29,2	31,45	33,6	36,19
10	2021	1	29,7	31,98	34,2	36,84
		2	30,1	32,5	36,0	38,77

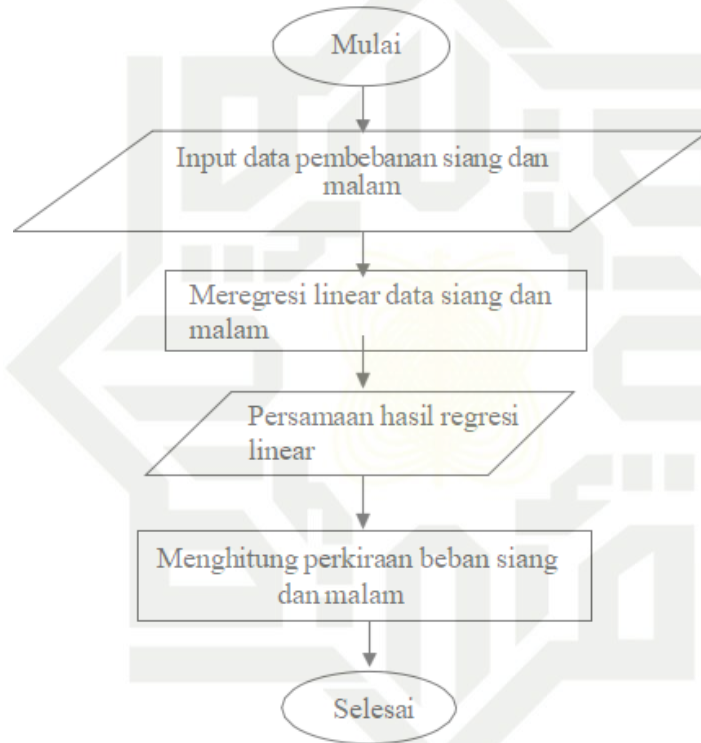
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

2021	3	30,4	32,74	37,0	39,84
	4	32,0	34,46	39,4	42,44

(sumber : PT, PLN Persero Gardu induk padang luar)

### 3.5. Menghitung Perkiraan Beban

Pada tahapan Menghitung perkiraan beban dengan metode regresi linear menggunakan *software* minitab. Berikut *flowchart* proses perhitungan perkiraan beban :



Gambar 3.2 *Flowchart* perkiraan beban pada minitab

Setelah mendapatkan hasil perkiraan beban transformator di lakukan validasi menggunakan hitungan manual dengan persamaan (2.6) (2.7) dan (2.8).

### 3.6. Menghitung Perkiraan Suhu Hotspot

Menurut standar IEC 354 yang juga menjadi standar PLN saat ini, sebuah transformator akan mengalami umur yang normal pada kondisi suhu hotspot 98°C pada pembebanan terus menerus dengan suhu lingkungan 20°C. Apabila transformator tersebut mengalami suhu hot spot yang lebih besar dari 98°C, susut umurnya akan semakin cepat. Rata-rata suhu di Bukittinggi adalah 21-26°C. Rata-rata suhu lingkungan di Indonesia adalah 30°C, sehingga pada penelitian ini diasumsikan bahwa suhu rata-rata lingkungan adalah 30°C. Dalam menghitung suhu *hotspot* menggunakan persamaan (2.9).

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



**7.7. Menghitung Perkiraan Masa Pakai Transformator**

Menurut standar IEC 354 yang juga menjadi standar PLN saat ini, sebuah transformator akan mengalami umur yang normal pada kondisi suhu hotspot 98°C pada bebanan terus menerus dengan suhu lingkungan 20°C. Apabila transformator tersebut mengalami suhu *hotspot* yang lebih besar dari 98°C, pengurangan masa pakai transformator akan semakin cepat. Untuk menentukan masa pakai transformator digunakan persamaan (2.10) (2.11) (2.12) (2.13) dan (2.14).



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

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini, peneliti mendapat kesimpulan dari penelitian tentang permasalahan peningkatan beban pada transformator 60 MVA di Gardu Induk Padang luar sebagai berikut :

1. Perkiraan beban pada transformator 60 MVA mengalami kenaikan beban transformator yang cukup signifikan setiap tahun. Diperoleh hasil perkiraan beban transformator 82,96 % (rata-rata beban siang dan malam) pada tahun 2034, hasil ini menunjukkan bahwa *persentase* beban jauh lebih besar dari *rating* trafo 60 MVA sehingga mempengaruhi kenaikan suhu *hotspot*.
2. Perkiraan suhu *hotspot* pada transformator 60 MVA mengalami peningkatan setiap tahun yang dipengaruhi oleh perkiraan beban pada transformator. Di peroleh hasil perkiraan suhu *hotspot* transformator mendekati 98°C yaitu sebesar 96,4 °C dan 100,7°C pada tahun 2035. Sehingga dapat mempengaruhi masa pakai transformator.
3. Masa pakai tranformator di pengaruhi oleh peningkatan beban dan suhu *hotspot* pada transformator 60 MVA, dapat di peroleh hasil bahwa masa pakai transformator hingga tahun 2035 (selisih 2 tahun dari umur normal trafo), dengan Perkiraan Beban tertinggi 93,47 % malam hari dan suhu *hotspot* tertinggi dengan hasil 100,67°C tahun 2035, transformator tersebut masih bisa dioperasikan namun dengan Masa pakai 11 tahun (1 bulan).

### 5.2. Saran

Meningkatnya pembebanan dan kenaikan suhu *hotspot* pada transformator akan mempengaruhi masa pakai pada transformator, maka dengan hasil penelitian ini peneliti menyarankan, sebagi berikut :

1. Gardu induk padang luar untuk melakukan *maintenance* secara rutin agar memaksimalkan masa pakai transformator.
2. Mempertimbangkan pergantian transformator sesuai perkiraan masa pakai transformator 60 MVA.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K.E.D.S.D.M, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019 sampai dengan tahun 2038, Jakarta, 2019.
- [2] P. P. (Persero), "Laporan Loghsheet Tahunan," 2022.
- [3] W. M. Samyir, "Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator Berdasarkan Pembebanan Menggunakan Regresi Linear," *Jurusan Teknik Elektro, Univesitas Islam Indonesia*.
- [4] N. D. S.B.M.S.B.U, *dielektrika*, vol. 8, pp. 60-67, 2021.
- [5] F. A. B. A. M. H. Lazidi, "Metode Roll-Up Force Down Untuk Analisis Peramalan Beban Konsumen Pada Transformator Gardu Induk," *Jurnal Ampere*, vol. 4, 2019.
- [6] P. Z. A. E. Kurniawan, "Peramalan Beban Pada Gardu Induk PT. PLN (Persero) UP3B Kalimantan Barat," 2022.
- [7] B. T. B. Afriansyah, "Studi Pengaruh Beban Puncak Terhadap Susut Umur Transformator Di PT. PLN (Persero) Rayon Daya," *Jurnal Teknologi elektronika*.
- [8] F. H. A. E. S. Suganda, "Analisis Prediksi Usia Transformator Dengan Metode Regresi Linear," *e-ISSN 2722-0222*, vol. XXIV, no. 1, pp. 34-42, 2022.
- [9] PT, Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik, Jakarta.
- [10] S. Zainal and R. Tri, "Analisis ketidakseimbangan Beban Transfomator Distribusi 20kV dan Solusinya Pada Tegangan Rendah," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 8, pp. 173-180, 2019.
- [11] Sentosa, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losis Pada Trafo Distribusi," *Teknik Elektro*, vol. VI, 2006.
- [12] B. M. S. E. M. S. d. M. N. A. Prayoga, *Transformer*, Depok: Universitas Indonesia, 2010.
- [13] S. d. M. S. M. A. Muzar, "Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator," *KITEKTRO*, vol. III, 2018.
- [14] Y. Rijono, *Dasar Teknik Elektro*, Yogyakarta, 2004.
- [15] A. S. Gianto, "Analisa Perhitungan Umur Transfomator Distribusi Yang Dioperasikan Di Indonesia," *JETri*, vol. XIII, no. 16, 2014.
- [16] Sulasno, *Teknik Konversi Energi Listrik Dan Sistem Pengaturan*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.

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.



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

[17] A. Kadir, *Transformator*, Jakarta: PT Pradnya Paramita.

[18] H. gultom, "Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan Lebih Di PT.PLN Kota Pontianak," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura*, vol. III, 2017.

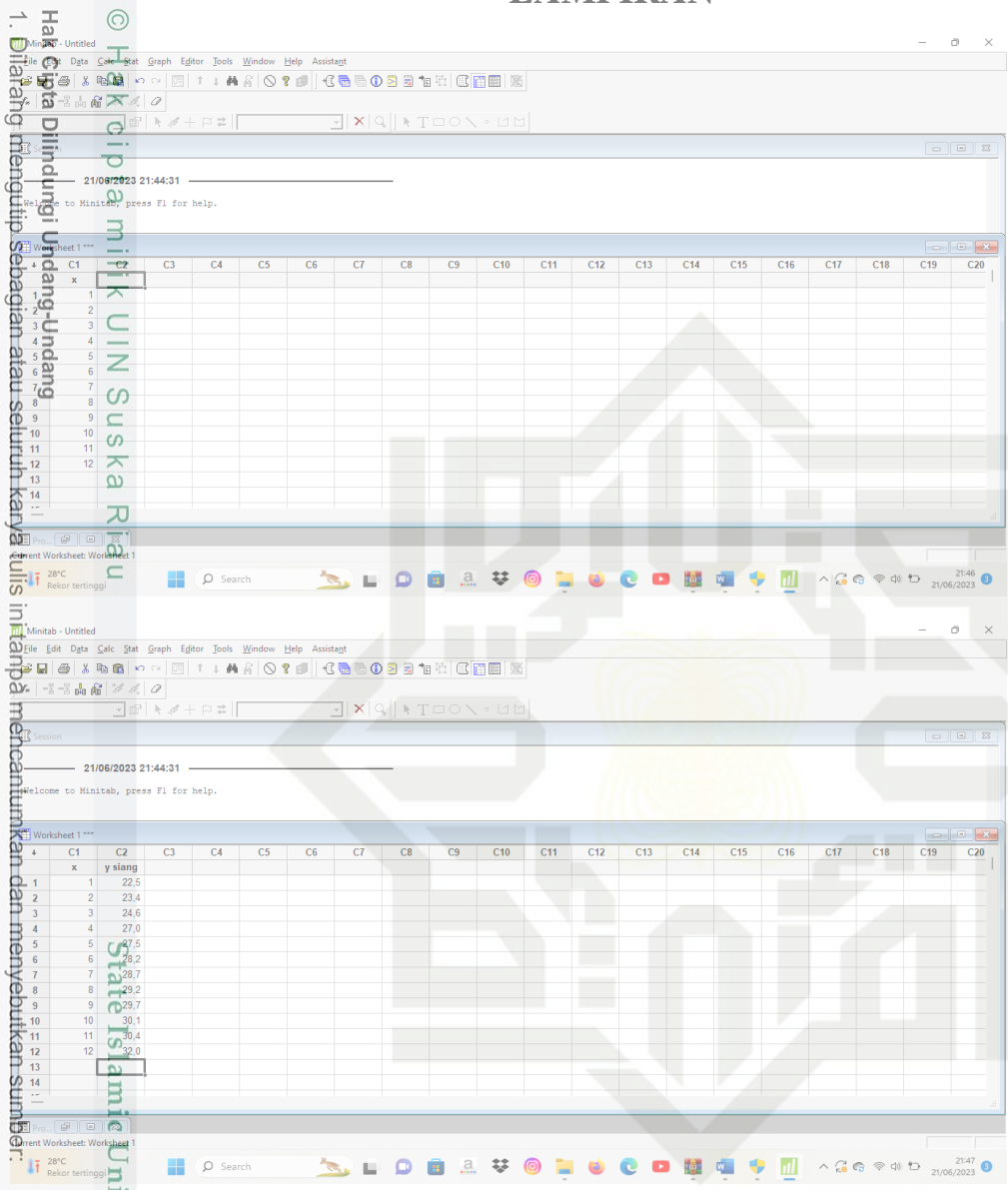
[19] Studi Analisa Perkiraan Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan," *MAROSTEK*, vol. I, pp. 247-253, 2022.

[20] T. E. F. T. I. a. U. I. Indonesia, "Analisis Peramalan Masa Pakai Transformator berdasarkan beban menggunakan metode regresi linear," 2018.



# LAMPIRAN

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
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 mengutip, sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



The image displays two screenshots of a spreadsheet application. The top screenshot shows a blank spreadsheet with columns labeled C1 through C20 and rows numbered 1 through 14. The bottom screenshot shows the same spreadsheet with data entered in columns C1 and C2. The data in the bottom screenshot is as follows:

x	y
1	22,5
2	23,4
3	24,6
4	27,0
5	27,5
6	28,2
7	28,7
8	29,2
9	29,7
10	30,1
11	30,4
12	32,0





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

The screenshots illustrate the process of performing a regression analysis in Minitab. The first screenshot shows the data table with columns 'x' and 'y malam'. The second screenshot shows the 'Regression' menu with 'Regression...' selected. The third screenshot shows the 'Session' window with the regression equation:  $s = 0,56775$ .

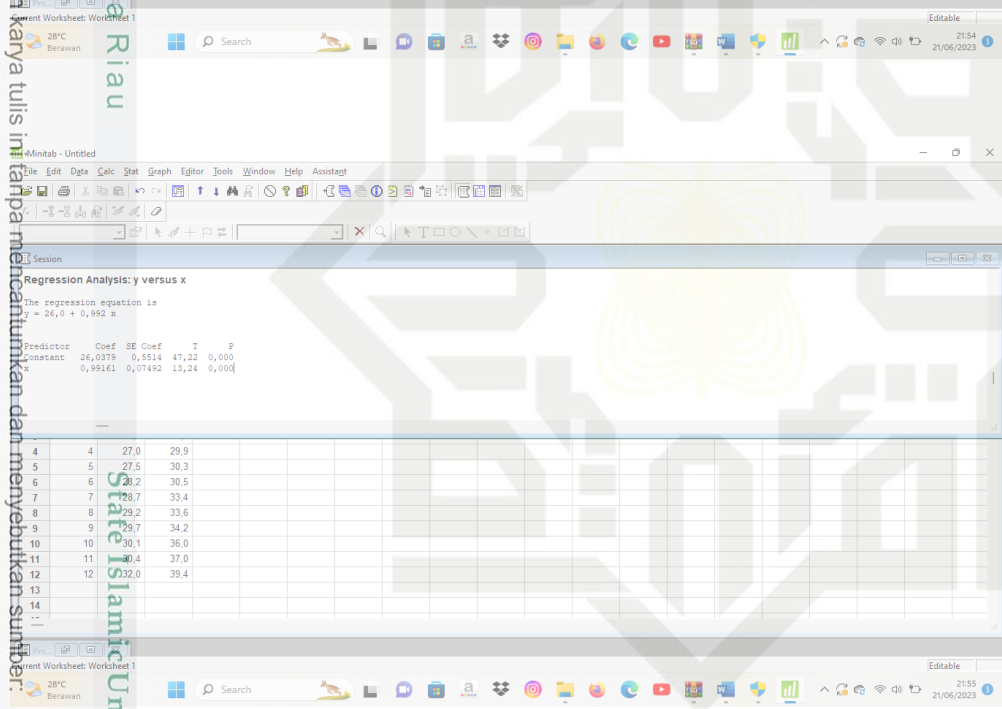
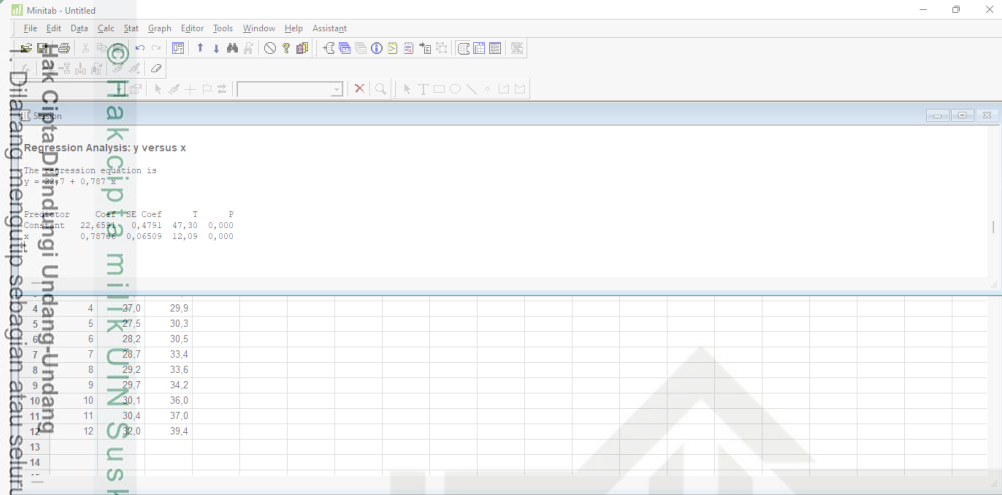
x	y malam
1	22,5
2	23,4
3	24,6
4	27,0
5	27,5
6	28,2
7	28,7
8	29,2
9	29,7
10	30,1
11	30,4
12	32,0



Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.



BEBAN SANG

UIN SUSKA RIAU



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

State Isami  
University of  
Sultan Syarif Kasim  
Riau

- 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.

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	Perkiraan															
2	2	23.4	28.5	beban siang															
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																

Calculator

Store result in variable: 2022

Expression:  $22.7 + 0.79 * 16$

Result: 22.7

Functions:

- All functions
- Absolute value
- Intlog
- Any
- Arcsine
- Arcosine
- Arctangent
- And
- Or
- Not

Session

Retrieving project from file: 'C:\Users\ACER\Documents\Data Daya FENITING\Project Daya\Minitab Firman.MPJ'

Calculator

Store result in variable: 2022

Expression:  $22.7 + 0.79 * 16$

Result: 22.7



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**  
 Di larang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menandatangani dan menyebutkan sumber.

**State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau**

Worksheet 1

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	35.34															
2	2	23.4	28.5	beban siang																
3	3	24.6	28.6																	
4	4	27.0	29.9																	
5	5	27.5	30.3																	
6	6	28.2	30.5																	
7	7	28.7	33.4																	
8	8	29.2	33.6																	
9	9	29.7	34.2																	
10	10	30.1	36.0																	
11	11	30.4	37.0																	
12	12	32.0	39.4																	

Calculator

Store result in variable: 2023  
 Expression: =22.7 + 0.79 \* 20  
 22.7 + 0.79 \* 20

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



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kaning University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshot displays a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6
	x	y siang	y malam		2022	2023
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	35.34	38.5
2	2	23.4	28.5	beban siang		
3	3	24.6	28.6			
4	4	27.0	29.9			
5	5	27.5	30.3			
6	6	28.2	30.5			
7	7	28.7	33.4			
8	8	29.2	33.6			
9	9	29.7	34.2			
10	10	30.1	36.0			
11	11	30.4	37.0			
12	12	32.0	39.4			

The calculator window shows the expression  $22.7 + 0.79 * 24$  and the result  $2024$ .



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

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 Dilindungi Undang-Undang**  
 Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

The screenshots show the Minitab software interface. The main window displays a worksheet with the following data:

C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
x	y siang	y malam	Perkiraan beban siang	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	35.34	38.5	41.66	44.82											
2	2	23.4	28.5															
3	3	24.6	28.6															
4	4	27.0	29.9															
5	5	27.5	30.3															
6	6	28.2	30.5															
7	7	28.7	33.4															
8	8	29.2	33.6															
9	9	29.7	34.2															
10	10	30.1	36.0															
11	11	30.4	37.0															
12	12	32.0	39.4															

The second screenshot shows a calculator window with the expression  $22.7 + 0.79 * 32$  and the result  $47.98$  stored in variable C9 for the year 2026.

The third screenshot shows the same worksheet with the value  $47.98$  entered in cell C9 for the year 2026.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kaning University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshots illustrate the process of projecting data from 2023 to 2035. The first screenshot shows a table with columns for years 2022 and 2023. The second screenshot shows the same table with columns for years 2024 through 2035. The third screenshot shows the calculator window with the expression  $22.7 + 0.79 * 40$  and the result 51.14.

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam	Perkiraan beban siang	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4		35.34	38.5	41.66	44.82	47.98	51.14									
2	2	23.4	28.5																
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	30.0	39.4																



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

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 Dilindungi Undang-Undang**  
 Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

The screenshot shows the Minitab software interface. The main window displays a worksheet with the following data:

C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	
x	y siang	y malam	Perkiraan beban siang	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1	1	22.5	28.4	35.34	38.5	41.66	44.82	47.98	51.14	54.3									
2	2	23.4	28.6																
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																

A calculator window is open, showing the expression  $22.7 + 0.79 * 44$  and the result  $57.46$ . The calculator also lists various functions like Absolute value, Any, Arcsine, Arctangent, etc.





**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kaning University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

The image displays three sequential screenshots of an Excel spreadsheet. The spreadsheet contains data for years 2022 through 2035, with columns labeled C1 through C19. The data includes values for 'y siang', 'y malam', 'Perkiraan', and 'beban siang'. A calculator window is overlaid on the spreadsheet, showing the expression  $22.7 + 0.79 * 48$  and the result 60.62. The calculator window also shows a list of functions and a 'Select' button.

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
1	x	y siang	y malam	Perkiraan	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
2	1	22.5	28.4	35.34	38.5	41.66	44.82	47.98	51.14	54.3	57.46	60.62							
3	2	23.4	28.5																
4	3	24.6	28.6																
5	4	27.0	29.9																
6	5	27.5	30.3																
7	6	28.2	30.5																
8	7	28.7	33.4																
9	8	29.2	33.6																
10	9	29.7	34.2																
11	10	30.1	36.0																
12	11	30.4	37.0																
13	12	32.0	39.4																



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

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.

Ditaring menghutug sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa meharumkan dan menyebutkan sumber.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Kaning University of Suritan Syarif Kasim Riau

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	35.34	38.5	41.66	44.82	47.98	51.14	54.3	57.46	60.62	63.78					
2	2	23.4	28.5	beban siang															
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	30.0	39.4																



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kaning University of Sultan Syarif Kasim Riau

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

The screenshot displays an Excel spreadsheet with the following data:

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6
	x	y siang	y malam		2022	2023
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	35.34	38.5
2	2	23.4	28.5	beban siang		
3	3	24.6	28.6			
4	4	27.0	29.9			
5	5	27.5	30.3			
6	6	28.2	30.5			
7	7	28.7	33.4			
8	8	29.2	33.6			
9	9	29.7	34.2			
10	10	30.1	36.0			
11	11	30.4	37.0			
12	12	32.0	39.4			

The calculator window shows the expression  $22.7 + 0.79 * 64$  resulting in the value 2033. The spreadsheet also shows data for the year 2033, with values 63.78 and 66.94 in columns C14 and C15 respectively.



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Beban Malam

The screenshot displays the Minitab software interface. The main window shows a worksheet with the following data:

C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
x	y siang	y malam	Perkiraan beban siang	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	35.34	38.5	41.66	44.82	47.98	51.14	54.3	57.46	60.62	63.78	66.94	70.1	73.26		
2	2	23.4	28.5															
3	3	24.6	28.6															
4	4	27.0	29.9															
5	5	27.5	30.3															
6	6	28.2	30.5															
7	7	28.7	33.4															
8	8	29.2	33.6															
9	9	29.7	34.2															
10	10	30.1	36.0															
11	11	30.4	37.0															
12	12	32.0	39.4															

A calculator window is open, showing the expression:  $22.7 + 0.79 * 68$ . The result is 76.42.



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

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 Dilindungi Undang-Undang  
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

The screenshot shows the Minitab software interface. A 'Calculator' dialog box is open, displaying the expression  $66 + 0.993 * 15$  and the result  $80.895$ . The worksheet below shows a table with columns for years (2022-2035) and variables (x, y siang, y malam, C4-T, C5, C6). The value 41.872 is entered in cell C5 for the year 2022.

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	41.872														
2	2	23.4	28.5	beban malam															
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.

State Kamij University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshot displays the Minitab software interface. A 'Calculator' dialog box is open, showing the expression  $26 + 0.992 * 20$  and the result 45.84. The background shows a worksheet with columns for 'x', 'y siang', 'y malam', 'Perkiraan beban malam', and years from 2022 to 2035. The data for 2022 and 2023 is visible in the first few rows.

x	y siang	y malam	Perkiraan beban malam	2022	2023
1	22.5	28.4	41.872		45.84
2	23.4	28.5			
3	24.6	28.6			
4	27.0	29.9			
5	27.5	30.3			
6	28.2	30.5			
7	28.7	33.4			
8	29.2	33.6			
9	29.7	34.2			
10	30.1	36.0			
11	30.4	37.0			
12	30.0	39.4			



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshot shows the Minitab software interface with a calculator window open. The calculator window displays the expression  $25 + 0.992 * 28$  and the result 53.776. The background shows a data table with columns for years and variables.

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	41.872	45.84	49.808												
2	2	23.4	28.5	beban malam															
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kamij University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The image displays three sequential screenshots of an Excel spreadsheet. The spreadsheet contains data for years 2022 and 2023, with columns labeled C1 through C6. The data includes values for 'x', 'y siang', 'y malam', 'Perkiraan', and 'beban malam'. The first screenshot shows a calculator window with the expression '26 + 0.992 \* 36' and the result '35.672'. The second screenshot shows the same spreadsheet with the value '57.744' in cell C9. The third screenshot shows the calculator window with the expression '26 + 0.992 \* 36' and the result '35.672'.

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6
1	x	y siang	y malam	Perkiraan	2022	2023
2	1	22.5	28.4	Perkiraan	41.872	45.84
3	2	23.4	28.5	beban malam		
4	3	24.6	28.6			
5	4	27.0	29.9			
6	5	27.5	30.3			
7	6	28.2	30.5			
8	7	28.7	33.4			
9	8	29.2	33.6			
10	9	29.7	34.2			
11	10	30.1	36.0			
12	11	30.4	37.0			
13	12	32.0	39.4			





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshot displays the Minitab software interface. The main window shows a worksheet with the following data:

C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
x	y siang	y malam	Perkiraan beban malam	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	41.872	45.84	49.808	53.776	57.744	61.712									
2	2	23.4	28.5															
3	3	24.6	28.6															
4	4	27.0	29.9															
5	5	27.5	30.3															
6	6	28.2	30.5															
7	7	28.7	33.4															
8	8	29.2	33.6															
9	9	29.7	34.2															
10	10	30.1	36.0															
11	11	30.4	37.0															
12	12	32.0	39.4															

An overlaying 'Calculator' window is visible, showing the expression:  $26 + 0.992 * 40$ . The result is stored in variable C11 (2028) with a value of 65.68.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kamir University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshot displays the Minitab software interface. A 'Calculator' dialog box is open, showing the expression  $26 + 0.992 * 44$  and the result 69.648. The background shows a worksheet with columns for 'x', 'y siang', 'y malam', 'Perkiraan', and years from 2022 to 2035. The data for 2028 and 2029 is highlighted, showing values of 65.68 and 69.648 respectively.

x	y siang	y malam	Perkiraan	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1	22.5	28.4	41.872	45.84						65.68	69.648						
2	23.4	28.5															
3	24.6	28.6															
4	27.0	29.9															
5	27.5	30.3															
6	28.2	30.5															
7	28.7	33.4															
8	29.2	33.6															
9	29.7	34.2															
10	30.1	36.0															
11	30.4	37.0															
12	30.0	39.4															



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa 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.

The screenshot shows the Minitab software interface. A 'Calculator' dialog box is open, displaying the expression  $26 + 0.992 * 52$  and the result  $73.616$  stored in cell C13 for year 2030. The background shows a worksheet with the following data:

C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	
x	y siang	y malam	Perkiraan beban malam	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1	1	22.5	28.4	41.872	45.84	49.808	53.776	57.744	61.712	65.68	69.648	73.616							
2	2	23.4	28.5																
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber.

State Kamij University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The image displays three sequential screenshots of a Microsoft Excel spreadsheet and its associated calculator window. The spreadsheet contains data for 'Perkiraan beban malam' (Estimated evening load) over a period from 2022 to 2033. The calculator window shows the calculation of a value based on a formula:  $26 + 0.992 \times \text{value}$ . In the top screenshot, the value is 56, resulting in 77.584. In the bottom screenshot, the value is 60, resulting in 81.552. The spreadsheet columns are labeled C1 through C19, with years 2022-2033 corresponding to columns C5-C13. The calculator window also shows a list of functions and options to 'Assign as a formula'.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 Diarangkan melindungi 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.

The screenshot displays an Excel spreadsheet with the following data:

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	41.872	45.84	49.808	53.776	57.744	61.712	65.68	69.648	73.616	77.584	81.552	85.52			
2	2	23.4	28.5	beban malam															
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																

The calculator window shows the expression:  $26 + 0.992 * 64$  resulting in 85.52.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber

State Kamini University of Sultan Syarif Kasim Riau

- 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.

The screenshot displays a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

	C1	C2	C3	C4-T	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
	x	y siang	y malam		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1	1	22.5	28.4	Perkiraan	41.872	45.84	49.808	53.776	57.744	61.712	65.68	69.648	73.616	77.584	81.552	85.52	89.488		
2	2	23.4	28.5	beban malam															
3	3	24.6	28.6																
4	4	27.0	29.9																
5	5	27.5	30.3																
6	6	28.2	30.5																
7	7	28.7	33.4																
8	8	29.2	33.6																
9	9	29.7	34.2																
10	10	30.1	36.0																
11	11	30.4	37.0																
12	12	32.0	39.4																

The calculator window shows the expression:  $26 + 0.992 * 68$  with the result 91.472.



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan 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.

