

**ANALISIS PENANGGULANGAN OVERLOAD TRANSFORMATOR
DISTRIBUSI DENGAN METODE UP RATING
DI PT PLN (PERSERO) ULP SUTAMI**

SKRIPSI

Ditujukan Untuk Memenuhi Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana



Oleh ;

**AKHORI SAPUTRA
NPM 18010041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS PENANGGULANGAN OVERLOAD TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN METODE UPRATING DI PT PLN (PESERO) ULP SUTAMI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro

Disusun oleh:

AKHORI SAPUTRA
NPM 18010041

Diperiksa dan disetujui oleh:

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

Yenni Afrida, S.T.,M.Pd.T
NPM. 1086 186

Jeckson, S.T.,M.Pd.T
NBM. 969 120

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung

Yenni Afrida, S.T.,M.Pd.T
NBM. 1086 186

PENGESAHAN SKRIPSI

Analisis Penanggulangan Overload Transformtor Distribusi Dengan Metode Uprating di PT PLN (Persero) ULP Sutami

Dipertahankan dalam Ujian Skripsidi depan TimPenguji
Skripsi Program Studi Teknik ElektroFakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung
PadaTanggal 02 Juli 2022

Tim Penguji

Penguji Utama : **Drs. Agus Santoso, S.T.,M.T**

Penguji Ketua : **Fitriono, S.T.,M.Pd.T**

Anggota 1. : **Yenni Afrida, S.T.,M.Pd.T**

2. : **Jeckson, S.T.,M.Pd.T**

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Lampung

Hamimi, S.T., M.Si
NBM. 860 095

LEMBAR KEASLIAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, skripsi dengan judul” Analisis Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating Di PT PLN (Persero) ULP Sutami” adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Muhammadiyah Lampung, maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, penilaian, dan rumusan saya sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini tidak terdapat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik, berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan yang berlaku.

Bandar Lampung, Mei 2020
Saya yang menyatakan,



AKHORI SAPUTRA
NPM 18010041

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Serdang, 01 Agustus 1999 sebagai anak yang ke-6 (enam) dari 6 (enam) bersaudara dari pasangan bapak Pardi dan ibu Surtini. Penulis tinggal di Desa Serdang, Dusun Serdang 4A RT 04, Kecamatan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan. Pada tahun 2006 penulis mengenyam pendidikan di SD N 2 Serdang Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan sampai tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikantingkat pertama di MTs AL-IKHLAS Tanjung Bintang Lampung Selatan, pada tahun 2012 hingga 2015 kemudian melanjutkan lagi pendidikan tingkat menengah di SMA N 1 Tanjung Bintang Lampung Selatan pada tahun 2015 hingga 2018. Kemudian melanjutkan keperguruan tinggi di Universitas Muhammadiyah Lampung pada tahun 2018.

Pada akhir penulid menulis karya ilmiah dengan judul “analisis penanggulangan overload transformator distribusi dengan metode uprating di pt pln (persero) ulp sutami” untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Universitas Muhammadiyah Lampung.

ABSTRAK

Akhori Saputra. 2022, Analisis Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating Di PT PLN (Persero) ULP Sutami. Program Sarjana, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung.

Persentase pembebanan sebelum melakukan *uprating* transformator didapatkan persentase (%) pembebanan transformator sebesar 95% yang dimana dinyatakan pembebanan pada transformator telah dalam kondisi *overload*, oleh karena itu tindakan selanjutnya untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan penanggulangan *overload* menggunakan metode *uprating* transformator. Berdasarkan masalah di atas maka tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : Untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi transformator dalam keadaan *overload* Untuk melihat rugi-rugi daya beserta nilai efisiensi pada transformator sebelum dan sesudah *uprating* transformator. Untuk mengetahui bagaimana cara penanggulangan transformator distribusi yang mengalami *overload*.

Dari hasil analisis beserta perhitungannya, didapatkan setelah menggunakan metode *uprating*, persentase pembebanan transformator berkurang hingga 73% dengan penambahan daya ke transformator sebesar 250 kVA. Presentase pembebanan ini berkurang dari persentase sebelumnya dengan pembebanan sebesar 95,05% dari kapasitas transformator 200 kVA.

Kata Kunci: *Overload*, Transformator Distribusi, *Uprating*

ABSTRACT

ANALYSIS OF OVERLOADING DISTRIBUTION TRANSFORMER USING UPDATING METHOD AT PT PLN (PERSERO) ULP SUTAMI.

By
AKHORI SAPUTRA
18010041

The percentage of loading before updating the transformer, the percentage of transformer loading is 95%, which is stated that the load on the transformer is in an overload condition, therefore the next action to overcome this is we need to overcome overload by using the transformer updating method. Based on the problems above, the objectives to be achieved in this study are as follows, To find out the factors that affect the transformer in an overload condition To see the power losses along with the efficiency value in the transformer before and after updating the transformer. To find out how to overcome overloaded distribution transformers.

From the results of the analysis and its calculations, it was found that after using this method, the percentage of transformer loading was reduced to 73% with the addition of 250 kVA power to the transformer. This percentage of loading is reduced from the previous percentage with a loading of 95.05% of the 200 kVA transformer capacity.

Keywords : Overload, Distribution Transformer, Updating



MOTTO

“ Hidup hanya sekali jangan lupa untuk berbakti ”

“ Jika anda belum bisa berguna bagi bangsa dan negara setidaknya bergunakalah bagi keluarga dan lingkungan sekitar ”

LEMBAR PESEMAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam, dengan telah diselesaikannya Skripsi ini Penulis mempersembahkannya kepada :

1. Kepada orang tua penulis, Bpk. Pardi dan Ibu. Surtini, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugrah terbesar dalam hidup. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat dibanggakan.
2. Kakak-kakak tercinta, Marsunu, Sudarsih, Suprehaten, Isnaini, Jumiatun, terima kasih atas doa dan segala dukungan.
3. Teman-teman seperjuangan, Adenta, Ahmad Devri, Alvin, Dodi, Riski Wisnu, Bagas, Robert, Arief, Diah, Putra, Arifahatas dukungan, dan bantuan yang selalu diberikan.
4. Sahabat-sahabat baikku, Danu Setiawan, Septia Widiyanti, Sujarwanto, , Dian Wahyuni, Edo Nanda atas dukungan, doa, dan motivasi dalam setiap langkahku.
5. Teman-teman jurusan Teknik Elektro angkatan 2018, atas segala pengalaman dan waktu yang dijalani bersama selama perkuliahan.
6. Untuk semua yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyusun skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Azza wa Jallaatas limpahan rahmat dan hidayahNyasehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **“Analisi Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating Transformator di PT PLN (Persero) Sutami”**. Shalawat seta salam semoga selalu tercurah kepada manusia yang paling Terbaik yang telah Allah ciptakan, ialah Rasulullah, nabi kita, Nabi Muhammad Shalallahu’alaihi Wasallam, beserta kepada keluarganya dan para sahabatnya. Skripsi merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana (S1) Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung (UM Lampung).

Pada penulisan Skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak dan semoga apa yang telah dilakukan mendapat pahala dan balasan dari Allah Azza wa Jalla. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu. Dr. Mardiana M.Pd.I selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Lampung.
2. Bpk. Hamimi, S.T., M.Pd.T. selaku, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung.
3. Ibu. Yenny Afrida, S.T., M.Pd.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Lampung, sertaDosen Pembimbing I. Atas bimbingan, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

4. Bpk. Jeckson, S.T., M.Pd.T. selaku Pembimbing II, Atas bimbingan, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Kepada orang tua penulis, Bpk. Pradi dan Ibu. Surtini, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugrah terbesar dalam hidup. Penulis berharap dapat menjadi anak yang dapat dibanggakan.
6. Kakak-kakak tercinta, Marsunu, Sudarsih, Suprehaten, Isnaini, Jumiatun, terima kasih atas doa dan segala dukungan.
7. Teman-teman seperjuangan, Adenta, Ahmad Devri, Alvin, Dodi, Riski Wisnu, Bagas, Robert, Arif, Diah, Putraatas dukungan, dan bantuan yang selalu diberikan.
8. Sahabat-sahabat baikku, Danu Setiawan, Septia Widiyanti, Sujarwanto, , Dian Wahyuni, Edo Nanda atas dukungan, doa, dan motivasi dalam setiap langkahku.
9. Teman-teman jurusan Teknik Elektro angkatan 2018, atas segala pengalaman dan waktu yang dijalani bersama selama perkuliahan.
10. Untuk semua yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyusun skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik. Dengan ini penulis memohon maaf yang stulus tulusnya apa bila ada kekeliruan dalam penulisan skrupsi ini.

Tanjung Bintang, Mei 2022

AKHORI SAPUTRA
NPM18010041

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
MOTTO	viii
LEMBAR PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Penelitian	3
1.4.2 Manfaat Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Transformator	5
2.2 Prinsip Kerja Transformator	6
2.3 Konstruksi Dan Komponen Transformator	8
2.4 Jenis-Jenis Transformator Berdasarkan Penggunaanya	15

2.5 Jenis-Jenis Transformator Berdasarkan Levelteganganya.....	16
2.6 Transformator Distribusi	18
2.7 Kualitas DayaListrik(<i>Power Quality</i>)	22
2.8 Rugu Daya (<i>Power Losses</i>)	26
2.9 Pembebanan Tramsformator.....	28
2.10 <i>Overload</i> Transformator.....	29
2.11 Metode <i>Uprating</i> Transfoemator	30

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	32
3.2 Jenis Penelitian.....	32
3.3 Teknik Pengumpulan Data	33
3.4 Flowchart Penelitian	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian	35
4.2 Analisi Dan Hasil Penelitian.....	36
4.2.1 Kondisi Transformator Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Sutami	36
4.2.2 Data Pengukuran Transformator Sebelum <i>Uprating</i>	38
4.2.3 Kondisi Pembebanan Transformator Sebelum <i>Uprting</i> ..	40
4.2.4 Data Jenis Penghantar Jaringan Tegangan Rendah Pada Gardu Krgk 0136.....	42
4.2.5 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Untuk Mengetahui Nilai Efisiensi Sebelum <i>Uprating</i>	44
4.2.6 Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan Diujung Saluran Akhir Transformator Sebelum <i>Uprating</i>	46
4.2.7 Data Pengukuran Transformator Sesudah <i>Uprating</i>	47
4.2.8 Kondisi Pembebenan Transformator Sesudah <i>Uprating</i>	50
4.2.9 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Untuk Melihat Efisiensi	

Sesudah <i>Uprating</i>	52
4.2.10 Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan Diujung	
Saluran Akhir Transformator Sesudah <i>Uprating</i>	54
4.3 Pembahasan	56
4.3.1 Perbandingan Persentase Pembebanan Sebelum Dan	
Sesudah <i>Uprating</i>	56
4.3.2 Perbandingan Rugi Daya Untuk Mengetahui Efisiensi	
Transformator Sebelum Dan Sesudah <i>Uprating</i>	58
4.3.3 Perbandingan Persentase Jatuh Tegangan Diujung	
Saluran Akhir Sebelum Dan Sesudah <i>Uprating</i>	60
4.4 Implikasi Masalah	62

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan Transformator	6
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformtor	7
Gambar 2.3 Ektromagnet Pada Trafo.....	8
Gambar 2.4 Bentuk Fisik Transformator 3 Fasa.....	9
Gambar 2.5 Konstruksi Transformator 3 Fasa	10
Gambar 2.6 Inti Besi	11
Gambar 2.7 Bushing.....	11
Gambar 2.8 Kumparan Transformator	12
Gambar 2.9 Skema Transformator <i>Step-Up</i>	17
Gambar 2.10 Skema Transformator <i>Step-Down</i>	18
Gambar 2.11 Bagan Transformator	19
Gambar 3.1 Skema Penelitian.....	34
Gambar 4.1 Nameplate Transformator 200 kVA No. Seri 20052123	37
Gambar 4.2 Namplate Transformator 250 kVA No. Seri 15037075	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam-Macam Sistem Pendingin Trafo	13
Tabel 2.2 Nilai Daya Pengenal Transformator Distribusi	20
Tabel 4.1 Kondisi Gardu Induk KrGK 01336	36
Tabel 4.2 Pembebanan Maksimal Dan Suhu Titik Panas (SPLN)	37
Tabel 4.3 Klasifikasi Transformator 200 kVA No. Seri 20052123	38
Tabel 4.4 Arus Gardu KRGK 0136 Sebelum <i>Uprating</i>	38
Tabel 4.5 Pengukuran Tegangan	39
Tabel 4.6 Tegangan Diujung JTR Gardu KRGK 0136.....	39
Tabel 4.7 Kondisi Awal Transformator KRGK	39
Tabel 4.8 Data Jenis Penghantar JTR Pada Gardu KRGK 0136.....	42
Tabel 4.9 Klasifikasi Transformator KRGK Sesudah <i>Uprating</i>	48
Tabel 4.10 Arus Pada Gardu KRGK Sesudah <i>Uprating</i>	49
Tabel 4.11 Pengukuran Tegangan Sesudah <i>Uprating</i>	49
Tabel 4.12 Tegangan Diujung Gardu Krgk Sesudah <i>Uprating</i>	50
Tabel 4.13 Pembebanan Transformator Sebelum Dilakukan <i>Uprating</i>	56
Tabel 4.14 Pembebanan Transformator Sesudah Dilakukan <i>Uprating</i>	57
Tabel 4.15 Perbandingan Rugi-Rugi Daya Serta Presentase Sebelum Dan Sesudah <i>Uprating</i>	59
Tabel 4.16 Persentase <i>Drop</i> Tegangan Diujung Penerima (Sebelum).....	60
Tabel 4.17 Persentase <i>Drop</i> Tegangan Diujung Penerima (Sesudah)	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LatarBelakang

Beban lebih (*Overload*) adalah gangguan yang biasanya berlaku pada transformer agihan, tetapi jika dibiarkan dalam keadaan ini ia boleh memberi kesan kepada kerosakan peralatan elektrik jika terdapat arus yang mengalir. Sekiranya berlaku gangguan, arus yang mengalir akan melebihi kapasiti peralatan elektrik dan sistem keselamatan yang dipasang sebelum ini. Oleh itu, untuk mengekalkan keboleh percayaan dalam pengagihan tenaga elektrik, adalah perlu untuk memberi perhatian kepada beban pada pengubah untuk mengekalkan kecekapan kuasa elektrik dan mengelakkan kerosakan pada sistem pengagihan elektrik. Mengikut peruntukan SPLN (Standard Syarikat Elektrik Negeri) untuk peratusan beban transformer tidak melebihi 80% daripada kapasiti transformer dan arus nominalnya (In).

Peratusan beban sebelum naikkan transformer, peratusan (%) beban transformer ialah 95%, yang menyatakan beban pada transformer berada dalam keadaan lebihan beban, oleh itu tindakan seterusnya untuk mengatasinya ialah mengatasi lebihan beban menggunakan transformer. kaedah naik taraf.

Pembebanan lebih pada tranformator akan berpengaruh terhadap kinerja dari trafo karena beban berlebih menimbulkan panas yang akan

berakibat trafo mengalami gangguan, panas yang di akibatkan beban berlebih juga akan mempengaruhi umur dari trafo yang mana trafo akan bekerja dalam kondisi tidak baik.

Hal ini akan akan mempengaruhi kehandalan penyaluran suatu transformator dan berakibat pada tingginya pemakaian efisiensi transformator. Maka dari itu perlu dilakukan upaya untuk mengoptimalkan efisiensi kerja dari suatu transformator tersebut dengan menggunakan metode *uprating* transformator, sehingga transformator tidak terjadi permasalahan *overload* serta efisiensi kerja trafo bisa lebih bekerja secara lebih optimal..

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Apa yang mempengaruhi transformator dalam keadaan *overload* ?
2. Mengapa metode *uprating* transformator untuk mengatasi *overload*?
3. Bagaimana hasil penanggulangan transformator distribusi yang mengalami *overload*?

1.3 Batasan Masalah

Skripsi ini dibatasi hanya pada: Analisis penanggulangan *overload* transformator distribusi dengan metode *uprating* di PT PLN (Persero) ULP Sutami.

1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian:

1.4.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, objektif yang ingin dicapai dalam kajian ini adalah seperti berikut :

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi transformer dalam keadaan *overload*
2. Untuk melihat rugi-rugi daya beserta efisiensi pada transformator sebelum dan sesudah *uprating* transformer.
3. Untuk mengetahui bagaimana cara penanggulangan transformer yang mengalami *overload*.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Ada pun manfaaaatan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi transformer dalam keadaan lebih beban
2. Dapat melihat kehilangan kuasa bersama-sama dengan nilai kecekapan dalam transformer sebelum dan selepas menaikkan transformer.
3. Dapat mengetahui cara menangani transformer agihan terlampau beban.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan, maka skripsi ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut::

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Dan Manfaat Penelitian, Dan Sistematika Penulisan .

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisi Tentang Pengertian Transformator, Prinsip Kerja Transformator, Konstruksi Dan Komponen Transformator, Jenis –Jenis Transformator Berdasarkan Penggunaannya, Jenis-Jenis Transformator Berdasarkan Level Tegangan, Transformator Distribusi, Kualitas Daya Listrik (*Power Quality*), Pembebanan Transformator, *Overload* Transformator, Metode *Uprating* Transformator

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi waktu dan tempat penelitian, jenis penelitian, teknik pengumpulan data dan pengolahan data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan.

BABV: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

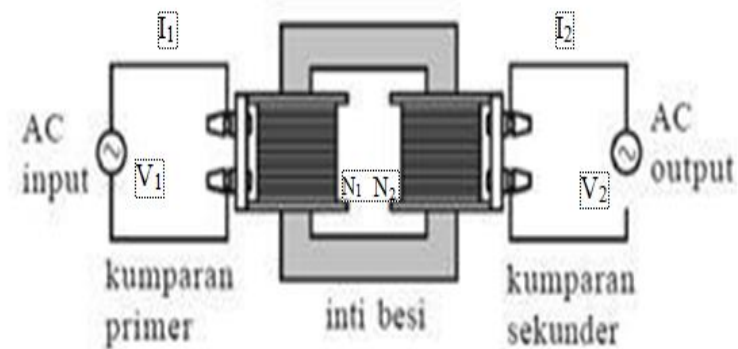
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Transformator

Transformer ialah peralatan elektrik statik untuk mengubah tenaga elektrik daripada satu litar elektrik kepada litar elektrik yang lain dengan menukar nilai voltan tanpa mengubah nilai frekuensi. Transformer dirujuk sebagai peralatan statik kerana tiada bahagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti penjana atau motor. Cara menukar voltan ini dilakukan dengan menggunakan prinsip kearuhan elektromagnet dalam belitan. Fenomena aruhan elektromagnet ini berlaku pada satu masa dalam transformer ialah kearuhan diri dalam setiap belitan diikuti oleh kearuhan serentak antara belitan.

Untuk kesederhanaan, transformer dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu belitan primer, belitan sekunder dan teras besi. Penggulungan primer ialah bahagian pengubah yang disambungkan kepada litar sumber tenaga (bekalan kuasa). Penggulungan sekunder adalah bahagian pengubah yang disambungkan ke litar beban. Teras besi adalah sebahagian daripada transformer yang bertujuan untuk mengarahkan keseluruhan fluks magnet dari belitan primer untuk memasuki belitan sekunder. Berikut ialah gambar susunan transformer.



Gambar 2.1 Inti Transformer

Dimana:

V_1 = Tegangan Primer

V_2 = Tegangan Sekunder

I_1 = Arus Primer

I_2 = Arus Sekunder

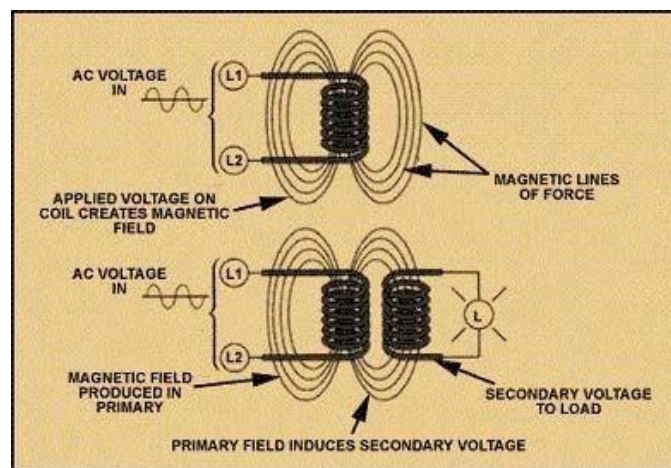
N_1 = Jumlah Lilitan Primer

N_2 = Jumlah Lilitan Sekunder

2.2 Prinsip Kerja Transformator

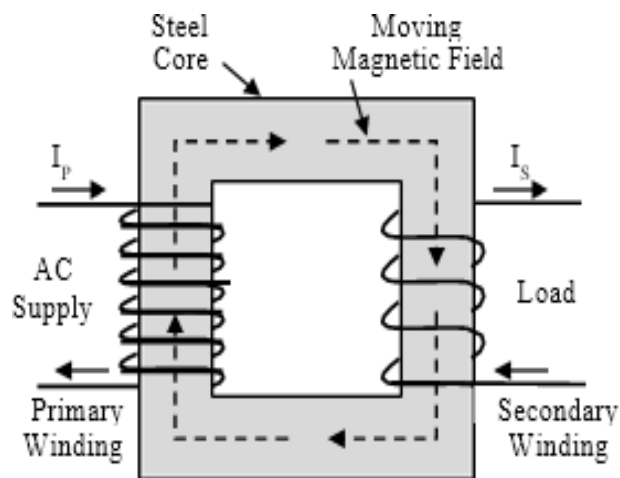
Berdasarkan aruhan elektromagnet. Jika gegelung primer disambungkan kepada sumber voltan ulang-alik, manakala gegelung sekunder dipunggah, maka gegelung mengalirkan arus yang dipanggil arus beban sifar (I_0). Arus ini akan menghasilkan fluks berselang-seli dalam teras. Transformer ialah peralatan elektrik statik, iaitu litar magnet yang terdiri daripada dua atau lebih belitan, melalui aruhan elektromagnet, mengubah kuasa (arus dan voltan) sistem AC (arus ulang alik) kepada sistem arus dan voltan lain dengan frekuensi tetap. (std. IEC 60076-part1th. 2011).

Transformer mempunyai prinsip aruhan elektromagnet yaitu hukum Ampere dan aruhan Faraday seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3 dimana dikatakan perubahan arus atau medan elektrik boleh menghasilkan medan magnet dan perubahan medan magnet atau fluks medan magnet boleh menghasilkan voltan teraruh.



Gambar 2.2 Cara Kerja Hukum Elektromagnetik

Dalam Rajah 2.3 arus AC (arus ulang alik) yang mengalir dalam belitan voltan tinggi akan menghasilkan induksi magnet yang kemudiannya mengalir melalui teras besi antara dua belitan, induksi magnet ini mendorong gegelung voltan rendah supaya di hujung gegelung sekunder ini. terdapat beda keupayaan atau voltan terinduksi.



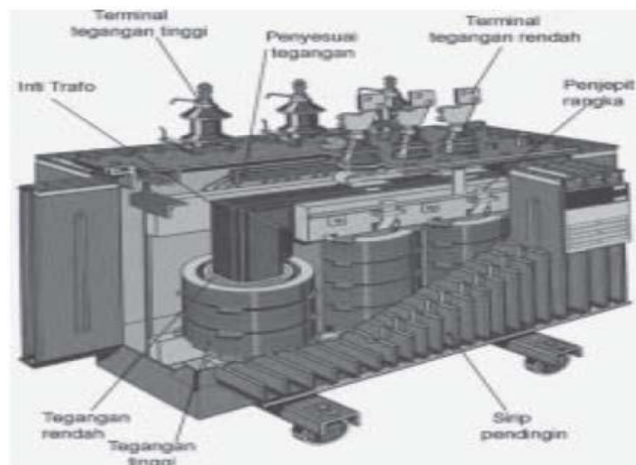
Gambar 2.3 Induksi magnet pada trafo

2.3 Konstruksi dan Komponen Transformator

Transformer tiga fasa digunakan untuk sistem grid kuasa yang besar, baik dalam sistem penjaanan, penghantaran dan pengedaran. Pembinaan transformer tiga fasa yang mempunyai kuasa tinggi dalam bentuk potongan boleh dilihat pada Rajah 2.4 Teras transformer adalah dalam bentuk E-I dengan belitan primer dan sekunder pada semua kaki teras transformer. Terminal sisi voltan tinggi (utama) boleh dilihat dari penebat panjang. Terminal voltan rendah (sekunder) dengan terminal yang lebih pendek. Transformer diletakkan di dalam perumah transformer yang diisi dengan minyak transformer yang berfungsi sebagai penyejuk dan juga penebat. Tukar minyak transformer secara berkala. Penyejukan perumahan transformer dipertingkatkan dengan memasang sirip penyejuk supaya haba mudah diserap oleh udara luar. Transformer tiga fasa boleh dibina daripada dua transformer fasa tunggal, atau tiga transformer fasa tunggal. Untuk

transformer tiga fasa dengan kuasa besar, dibina daripada tiga transformer fasa tunggal, matlamatnya ialah jika salah satu fasa rosak atau terbakar, transformer yang rosak boleh diganti dengan cepat dan praktikal.

Sebuah transformer tiga fasa mempunyai enam gegelung seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.4. Tiga gegelung sisi primer dan tiga gegelung sisi sekunder. Gegelung primer diberi nombor awal 1, gegelung 1U1-1U2 bermaksud primer fasa U. Gegelung sekunder ialah 2U2 – 2U1. Gegelung primer atau sekunder boleh disambungkan dalam bintang atau segitiga.



Gambar 2.4 Komponen Fisik Travo 3 Phase

Secara umumnya, pengubah tiga fasa mempunyai binaan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.5. Apa yang berbeza adalah alat dan sistem keselamatan, bergantung pada lokasi pemasangan, sistem penyejukan, operasi, fungsi dan penggunaan. Bahagian utama, alatan dan sistem keselamatan dalam pengubah kuasa ialah:

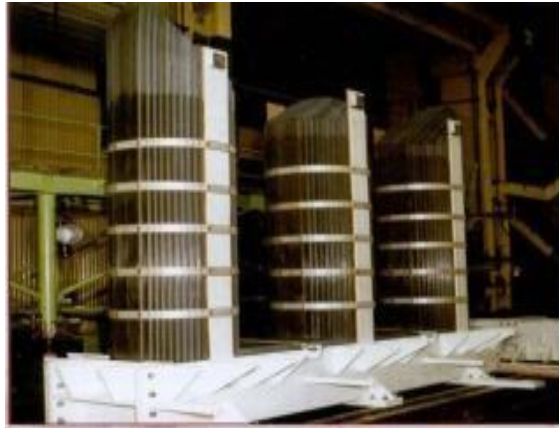


Gambar 2.5 Konstruksi Transformator Tiga Fasa

1. Inti Besi

Inti besi ialah tempat gegelung dipasang dan berfungsi sebagai laluan fluks magnet. Besi yang digunakan untuk teras pengubah biasanya mempunyai kandungan silikon yang tinggi dan diproses untuk mempunyai kebolehtelapan yang tinggi dan kehilangan histeria yang kecil dalam operasi biasa. Teras besi berfungsi untuk melicinkan fluks yang dihasilkan oleh arus elektrik yang melalui gegelung. Diperbuat daripada plat besi bertebat nipis, untuk mengurangkan haba sebagai kehilangan besi (arus pusar).

Terdapat dua jenis teras yang biasa digunakan dalam transformer, ada yang menggunakan teras ini iaitu cara memasang gegelung primer dan sekunder, dua jenis teras ialah jenis Teras, Jenis Shell.



Gambar 2.6 Inti Besi

2. Bushing

Sambungan antara terminal gegelung transformer ke rangkaian luar melalui peranti yang dikenali sebagai sesendal penebat adalah konduktor yang dilindungi oleh penebat di mana penebat ini melindungi konduktor dengan badan transformer. Sendal penebat biasanya diperbuat daripada porselin.



Gambar 2.7 Bushing

3. Lilitan Tranformator

Gegelung dalam transformer ialah wayar pengalir yang disuap oleh arus elektrik di bahagian primer dan sekunder yang dililitkan di sekeliling teras besi pengubah. Untuk mengelakkan arus mengalir dari gegelung ke teras besi atau bahagian lain pengubah, wayar gegelung biasanya dihadkan oleh penebat pepejal seperti pertinax, kertas dan sebagainya. Umumnya dalam transformer terdapat gegelung primer dan sekunder. Apabila gegelung primer disambungkan kepada voltan arus ulang alik, fluks akan berlaku dalam gegelung.

Fluks ini mendorong voltan dan apabila bahagian kedua litar disambungkan kepada beban, ia menghasilkan arus dalam belitan/gegelung ini. Jadi gegelung dikatakan sebagai cara mengubah (mengubah) voltan dan arus. Bilangan lilitan pada transformer di bahagian primer dan sekunder juga akan menentukan sama ada transformer berfungsi sebagai langkah naik atau turun.



Gambar 2.8 Kumparan Tranformaator

4. Sistem Pendingin Transformator

Dalam teras besi dan gegelung akan menghasilkan haba akibat kehilangan besi dan kehilangan kuprum. Haba ini akan menyebabkan peningkatan suhu yang berlebihan yang boleh merosakkan penebat pada transformer. Untuk mengurangkan peningkatan suhu pengubah, perlu dilengkapi dengan peranti atau sistem penyejukan yang boleh menyalurkan haba keluar dari pengubah. Media yang digunakan dalam sistem penyejukan boleh berupa udara atau gas, minyak, air dan sebagainya.

Secara semula jadi, aliran penyejuk hasil daripada perbezaan suhu media untuk mempercepatkan pemindahan haba dari media ke udara keluar memerlukan kawasan pemindahan yang lebih luas antara media (minyak, udara, gas), dengan melengkapkan pengubah dengan sirip (radiator). Manakala secara paksa, pengalihan haba dipercepatkan dengan peralatan tambahan iaitu kipas. Mengikut cara penyejukan boleh dilihat dalam jadual seperti berikut.

Tabel 2.1 Variasi Sistem Pendinginan Trafo

NO	Jenis Sistem Pendingin	Media			
		Di Dalam Trafo		Di Luar Trafo	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1	AN	-	-	Udara	-
2	AF	-	-	-	Udara
3	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6	OFAF	-	Minyak	-	Udara

7	OFWF	-	Minyak	-	Air
8	ONAN/ONAF	Gabungan3 dan 4			
9	ONAN/OFAN	Gabungan3 dan 5			
10	ONAN/OFAF	Gabungan3 dan 6			
11	ONAN/ OFWF	Gabungan3 dan 7			

5. *Tap Changer*

Tap Changer ialah alat yang menukar nisbah lilitan pengubah untuk mendapatkan voltan operasi sekunder yang dikehendaki daripada voltan rangkaian primer yang berbeza-beza. Penukar pili yang hanya boleh dikendalikan untuk menggerakkan pili pengubah dalam keadaan tidak dimuatkan dipanggil penukar paip off beban dan hanya boleh dikendalikan secara manual. Penukar pili yang boleh beroperasi di bawah beban dipanggil penukar paip semasa supaya ia boleh dikendalikan secara automatik.

6. Radiator

Radiator berfungsi untuk meluaskan kawasan penyejukan iaitu kawasan yang bersentuhan langsung dengan udara luar dan sebagai tempat peredaran haba berlaku.

7. Alat Indikator

Untuk memantau semasa pengubah beroperasi, adalah perlu untuk mempunyai penunjuk pada pengubah, berikut adalah satu jenis penunjuk :

a. Penunjuk Suhu Minyak

- b. Penunjuk Aras Minyak
- c. Penunjuk Sistem Penyejukan
- d. Penunjuk Kedudukan *Tap*

8. Minyak Isolasi Transformator

Minyak penebat digunakan sebagai medium penebat dalam transformer, sebagai penyejuk, dan sebagai pelindung penggulungan daripada pengoksidaan. Terdapat tiga jenis minyak yang digunakan untuk penebat, termasuk minyak mineral, iaitu, aromatik, naphthanic, dan paraffinic. Ketiga-tiga jenis minyak asas mempunyai sifat fizikal dan kimia yang berbeza, jadi pencampuran tidak boleh dilakukan. Dan juga kertas penebat transformer sebagai spacer, penebat, yang mempunyai keupayaan teknikal.

2.4 Jenis-jenis transformator berdasarkan Penggunaannya.

1. Trafo Daya (*Power Transformer*)

Power Transformer ialah sejenis transformer besar yang digunakan untuk pemindahan kuasa tinggi sehingga 33 KV. Transformer kuasa digunakan secara meluas dalam loji kuasa dan pencawang penghantaran. Pengubah Kuasa biasanya mempunyai tahap penebat yang tinggi.

2. Trafo Distribusi (*Distribution Transformer*)

Transformer Agihan (*Distribution Transformer*) digunakan untuk mengagihkan tenaga elektrik daripada loji kuasa kepada

pengguna elektrik atau industri. Transformer pengagihan mengagihkan tenaga elektrik pada voltan rendah kurang daripada 33 KV untuk tujuan rumah atau industri, julat voltan dari 220V hingga 440V.

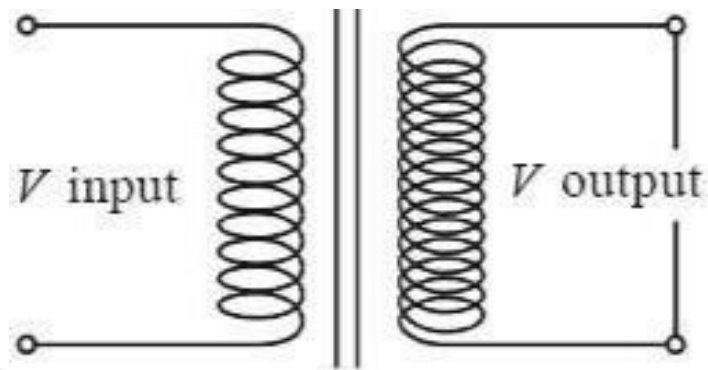
3. Trafo Pengukuran (*Measurement Transformer*)

Pengubah Pengukuran atau Pengubah Alat ini digunakan untuk mengukur kuantiti arus, voltan dan kuasa yang biasanya dikelaskan kepada pengubah arus dan pengubah voltan. Transformer perlindungan dengan transformer ukuran mempunyai perbezaan iaitu ketepatan. Di mana pengubah perlindungan mestilah lebih tepat daripada pengubah pengukur.

2.5 Jenis-jenis Transformator berdasarkan Level Tegangan.

1. Transformator *Step-Up*

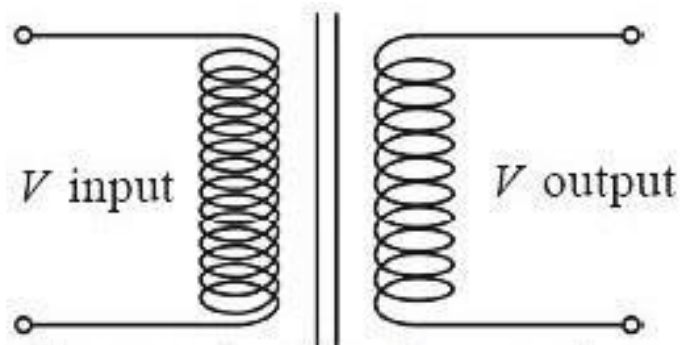
Step-Up Transformer ialah pengubah yang meningkatkan voltan daripada voltan AC rendah kepada voltan tinggi. Voltan pada sisi Sekunder sebagai voltan keluaran Output yang lebih tinggi boleh ditingkatkan dengan menambah bilangan lilitan, gegelung sekunder mempunyai lebih banyak lilitan daripada gegelung primer. Dalam loji kuasa, pengubah jenis ini digunakan untuk menyambungkan pengubah penjana ke grid (grid).



Gambar 2.9 Skema Traformator *Step-Up*

2. Traformator *Step Down*

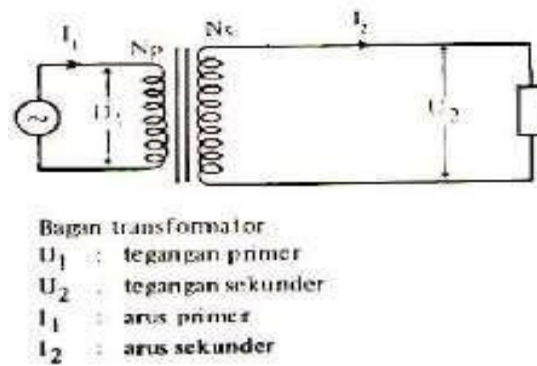
Transformer *Step Down* ialah pengubah yang mengurangkan voltan daripada voltan tinggi kepada voltan rendah. Dalam pengubah Langkah Turun ini, nisbah bilangan lilitan dalam gegelung primer adalah lebih daripada bilangan lilitan dalam gegelung sekunder atau bertentangan dengan pengubah injak. Dalam rangkaian pengedaran, transformer atau transformer *step down* digunakan untuk menukar dan menurunkan voltan *grid* tinggi kepada voltan rendah yang boleh digunakan untuk perkakas rumah. Semasa di dalam rumah, kita sering menggunakannya untuk menurunkan voltan dari pada PLN (220 V) kepada voltan yang sesuai untuk peralatan elektronik yang digunakan.



Gambar 2.10 Skema Traformator *Step down*

2.6 Transformator Distribusi

Secara umum, transformator adalah perangkat listrik yang mampu mentransfer dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian ke rangkaian lain tanpa mengubah frekuensi sistem, melalui kopling magnetik dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Fungsi trafo distribusi adalah untuk menurunkan tegangan transmisi ke tegangan distribusi. Sebuah transformator terdiri dari inti besi yang dilapisi dan dua kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Rasio lilitan tergantung pada perbandingan jumlah lilitan pada kedua kumparan. Biasanya, kumparan terdiri dari kawat tembaga yang dililitkan di sekitar "kaki" inti transformator. Berikut ini adalah diagram transformator:



Gambar 2.11 Bagan Transformator

Prinsip dasar transmisi daya pada transformator adalah mensuplai tegangan arus bolak-balik ke belitan primer untuk menciptakan medan magnet. Garis *fluks* medan magnet melintasi konduktor belitan sekunder dan menginduksi tegangan melintasi terminalnya. Besarnya tegangan pada kedua terminal berbanding lurus dengan jumlah lilitan pada setiap lilitan.

Pengelompokan transformator fasa terdiri dari transformator dua fasa, satu fasa dan tiga fasa.

1. Transformator Satu Fasa

Transformator satu fasa atau transformator satu fasa adalah transformator yang menuju ke sistem transformator arus bolak-balik menggunakan sistem tunggal dimana tegangan transformator berubah secara serempak. Sistem ini digunakan ketika sebagian besar beban adalah penerangan dan pemanas. Trafo jenis ini dapat diinput dengan tegangan satu fasa. Trafo satu fasa biasanya terdapat di rumah-rumah yang masih menggunakan sedikit listrik.

2. Transformator Tiga Fasa

Trafo tiga fasa memiliki inti dengan tiga kaki dan masing-masing kaki menopang gulungan primer dan sekunder. Trafo tiga fasa sebenarnya adalah tiga trafo yang terhubung secara khusus. Gulungan primer biasanya dihubungkan secara bintang (Y) dan belitan sekunder dihubungkan secara delta (Δ). Pada trafo ini terdapat tiga buah penghantar yang secara bersamaan mempunyai arus bolak-balik (dengan frekuensi yang sama) yang mencapai nilai maksimumnya.

a. Spesifikasi Daya Pengenal Umum Untuk Trafo Distribusi

Seperti terlihat pada tabel, nilai daya pengenal untuk transformator distribusi lebih banyak digunakan dalam SPLN 8°: 1978 IEC 76 – 1 (1976). 2.1

Tabel 2.2 Nilai Daya Pengenal Transformator Distribusi

Kapasitas Trafo (kVA)		
8	63	400*
5	40	250*
6,3	50*	315*
10	0	500*
12,5	100*	630*
16*	125	800*
25*	160*	1000*
31,5	200*	1250*
		1600*

* nilai-nilai standar (kVA) transformator distribusi yang dipakai PLN.

b. Perhitungan Pembebanan Penuh Transformator

Performa transformator terhadap tegangan tinggi (primer) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S = I \times V \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

S = Daya transformator

V = Tegangan pisa fasa

I = Arus fasa (Arus jurusan yang akan dihitung)

Ini adalah bagaimana Anda dapat menghitung arus beban penuh (IFL) dengan persamaan

$$I_{FL} = \frac{S \times 1000}{\sqrt{3} \times V} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

I_{FL} = arus beban penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V =Tegangan sisi sekunder transformator (V)

Saat menghitung, persentase pembebanan pada transformator dapat ditemukan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ beban} = \frac{I_{Rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Rumus untuk menghitung rata-rata arus beban ($I_{Rata-rata}$), yakni :

$$I_{Ratarata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$I_{\text{Rata-rata}}$	= rata-rata arus beban (A)
I_{FL}	= arus beban penuh (A)
I_{R}	= arus fasa R (A)
I_{S}	= arus fasa S (A)
I_{T}	= arus fasa T(A)

2.7 Kualitas Daya listrik (*Power Quality*)

Listrik yang bermutu tinggi adalah listrik dengan tegangan dan frekuensi yang konstan sesuai dengan nilai nominalnya. Dalam rentang yang ditentukan, frekuensinya konstan dan sangat mendekati nilai nominal (persentase) (Von Meier Alexander, 2006). Masalah umum dalam kualitas daya (*power quality*) adalah daya yang memiliki penyimpangan tegangan, arus, dan frekuensi yang menyebabkan kerusakan dan kerusakan peralatan.

Transmisi listrik dari generator ke konsumen dilakukan dalam parameter listrik yang diizinkan seperti tegangan, arus, frekuensi, bentuk gelombang.

Perubahan atau penyimpangan yang tidak dapat diterima dari parameter ini dapat secara serius mempengaruhi kualitas catu daya, menyebabkan operasi yang tidak efisien dan bahkan merusak perangkat (Von Meier Alexander, 2006).

Kualitas daya sangat dipengaruhi oleh jenis beban non linier, beban tidak seimbang dan distorsi harmonik melebihi standar. Catu daya yang buruk dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi beban dan bahkan

menurunkan kapasitas generator. Indikator berikut mempengaruhi kualitas listrik :

1. Daya Listrik

a. Pengertian daya listrik

Daya mengacu pada energi per satuan waktu (Von Meier Alexander, 2006). Daya adalah jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan kerja dalam suatu sistem tenaga. Satuan daya biasanya watt. Daya dalam sistem arus bolak-balik (AC) dibagi menjadi tiga jenis: daya aktif (daya nyata) dengan simbol (P) dalam (W) dan daya reaktif dengan simbol (Q) dalam volt-ampere reaktif (VAR). berdasarkan jenis. dan simbol volt-ampere (VA).

b. Macam-macam Jenis Daya Listrik

1) Daya Aktif

Kekuatan sebenarnya adalah kekuatan rata-rata arus sebenarnya disuplai atau dikonsumsi oleh beban (Von Meier Alexander, 2006). Beberapa contoh daya nyata adalah energi panas, energi mekanik, cahaya, dan daya nyata dalam satuan watt (W). Di bawah ini adalah persamaan gaya aktif menurut Von Meier Alexander

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \text{ (1 phasa) } \dots\dots\dots(2.5)$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \phi \text{ (3 phasa) } \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

P	= Daya aktif (watt)
V	= Tegangan (volt)
I	= Arus (ampere)
Cos ϕ	= Faktor daya
VL	= Tegangan jaringan (volt)
IL	= arus jaringan (ampere)

2) Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk membentuk medan magnet (Von Meier Alexander, 2006). Pembentukan medan magnet menciptakan fluks magnet. Contoh daya yang menghasilkan daya reaktif antara lain transformator, motor, dan bola lampu. Daya reaktif memiliki satuan Volt Ampere Reactive (VAR).

Ini adalah persamaan energi reaksi menurut Von Meier Alexander. :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \text{ (1phasa)(2.7)}$$

$$Q = 3 \cdot VL \cdot IL \cdot \sin \phi \text{ (3phasa).....(2.8)}$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

VL= Tegangan jaringan (Volt)

IL = Arus jaringan (ampere)

3) Daya Semu

Energi aktual adalah energi yang dihasilkan oleh produk tegangan dan arus dalam suatu jaringan (Von Meier Alexander, 2006) atau energi yang dihasilkan dari penjumlahan trigonometri energi aktif dan reaktif. Daya sebenarnya adalah daya yang dipancarkan oleh sumber arus bolak-balik (AC) atau diserap oleh beban. Satuan daya sebenarnya adalah voltase ampere (VA). Ini adalah persamaan kekuatan sebenarnya :

$$S = V \cdot I \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.8 Rugi Daya (*Power Losses*)

1. Pengertian Rugi Daya Listrik

Power loss atau rugi daya adalah energi yang hilang dalam penyaluran energi listrik dari sumber daya utama ke suatu beban. Rugi daya atau power loss adalah energi yang hilang dalam penyaluran energi listrik dari sumber daya utama ke beban. Dalam proses transmisi dan pendistribusian daya listrik, sering terjadi rugi-rugi daya yang cukup besar akibat rugi-rugi pada pengkabelan dan juga rugi-rugi pada trafo yang digunakan. Dua jenis kehilangan daya memiliki dampak

yang signifikan terhadap kualitas daya dan tegangan yang ditransmisikan ke pelanggan. (Kosasih, GB. 2017).

a. Rugi-Rugi Saluran

Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan dalam rangkaian pengagihan merupakan faktor penting yang perlu diambil kira dalam perancangan sistem kuasa elektrik. Kabel jenis ini yang mempunyai nilai rintangan yang kecil akan dapat mengurangkan kehilangan kuasa. Tempoh perkhidmatan kurier bergantung kepada jarak penghantaran kepada pelanggan. Oleh itu, harga tidak boleh diubah secara bebas. Manakala ketahanan bahan pula bergantung kepada bahan yang digunakan. Parameter ini boleh diubah bergantung pada pilihan bahan yang digunakan. Di samping itu, parameter lain yang boleh diubah ialah luas keratan rentas konduktor yang digunakan, semakin besar luas keratan rentas konduktor yang digunakan, semakin rendah rintangan garisan. Walau bagaimanapun, apabila menukar keratan rentas, faktor kecekapan mesti diambil kira.

b. Rugi-Rugi Transformator

Dalam prestasinya, pengubah mempunyai kerugian yang mesti dipertimbangkan. Kerugian ini (Sugianto, et al 2014) adalah seperti berikut:

1) Rugi-rugi Tembaga (I^2R)

Rugi tembaga adalah rugi-rugi yang disebabkan oleh hambatan tembaga yang digunakan pada kumparan transformator, baik

bagian primer maupun sekunder transformator. (Sugianto,dkk 2014).

2) *Eddy Curent* (arus eddy)

Kehilangan arus pusar ialah kehilangan haba yang berlaku dalam teras transformer. Perubahan aliran menyebabkan voltan teraruh dalam teras logam pengubah dengan cara yang sama seperti wayar yang mengelilinginya. Voltan menyebabkan arus berputar dalam teras pengubah. Arus pusar akan mengalir dalam teras pengubah rintangan. Arus pusar akan membebaskan tenaga ke dalam teras logam pengubah, yang kemudiannya akan menghasilkan haba. (Sugianto,dkk 2014). Rugi-rugi Hysterisis

3) Rugi-rugi

Histeresis ialah kehilangan yang berkaitan dengan susunan medan magnet dalam teras transformer. Tenaga diperlukan untuk menyediakan medan magnet. Akibatnya, ia akan menyebabkan kehilangan tenaga yang melalui pengubah. Kehilangan ini menyebabkan haba dalam teras pengubah. (Sugianto,dkk 2014).. Fluks bocor

4) Fluks bocor

merupakan fluks yang terdapat pada bagian primer maupun sekunder trafo yang lepas dari bagian inti dan kemudian bergerak melalui salah satu lilitan trafo. Fluks lepas tersebut akan

menimbulkan self-inductance pada lilitan primer dan sekunder trafo (Sugianto,dkk 2014)

2.9 Pembebanan Transformator

Takrifan cas ialah litar penggunaan akhir rangkaian elektrik yang mesti disediakan oleh sumber kuasa untuk ditukar kepada bentuk tenaga lain, seperti cahaya, haba, dan gerakan magnetik. Oleh itu, perkhidmatan untuk memuatkan mesti dipastikan secara berterusan untuk mengekalkan keboleh percayaan sistem kuasa. Untuk mencapai keadaan yang boleh dipercayai, sistem kuasa mesti dapat mengatasi sebarang gangguan yang berlaku tanpa mematikan beban.

2.10 Overload Transformator

Menurut PT.PLN (Persero), penukar agihan diuji supaya ia tidak memuatkan melebihi 80% atau di bawah 40%. Jika ia melebihi atau melebihi nilai itu, pengubah mungkin terlebih beban atau terlebih beban. Usaha sedang dibuat untuk memastikan bahawa penukar berat berlebihan berada di luar julat. Apabila beban pada transformer terlalu tinggi, penggantian transformer atau pemasangan transformer atau transformer dilakukan.

Lebihan beban akan menyebabkan transformer menjadi terlalu panas dan kabel tidak lagi dapat menahan beban, menyebabkan haba terkumpul, meningkatkan suhu udara. Peningkatan ini menyebabkan

kerusakan pada penebat udara penukar. Transformer mempunyai had dalam operasi mereka. Jika transformer digunakan secara berterusan dalam keadaan beban lampau, ia akan mengalami peningkatan suhu dan haba di dalam transformer juga akan meningkat. Oleh itu, ia akan merosakkan penebat, bahan dan penukar akan rosak. Di samping itu, ia menjejaskan kualiti kuasa pengubah, voltan jatuh pada hujung rangkaian dan menyebabkan penurunan dalam hayat pengubah. (Samsurizal & Hadinoto, 2020)

2.11 Metode *Uprating* Transformator

Kaedah menaik taraf ialah kaedah meningkatkan kapasiti kuasa transformer yang mengalami lebih beban atau lebih beban. Kaedah rangsangan kuasa adalah dengan menambah kuasa transformer. Ini selaras dengan kajian Samsurizal & Hadinoto (2020) bahawa usaha menangani kes berat badan berlebihan adalah pendekatan penambahbaikan.

Kaedah peningkatan aras transformer berfungsi untuk mengatasi kes beban lampau pada transformer. Kaedah ini adalah yang paling mudah atau paling mudah, tanpa sebarang keperluan untuk mengatasi beban pengubah. Beberapa faktor di sebalik pemasangan adalah untuk mengurangkan kes beban lampau, antara faktor lain seperti berikut :

1. Finansial

Kaedah rangsangan kuasa transformer atau kaedah rangsangan kuasa ialah kaedah rangsangan kuasa, contohnya, daripada 200 kVA

kepada 400 kVA, manakala beberapa jenis transformer, seperti transformer plug-in, perlu membuat beberapa rancangan, termasuk pengiraan kewangan, tanah, masa, tempat. Sebagai kawasan bandar, peralatan kVA menjual kepada pengguna. Selain itu, kaedah penukaran adalah lebih mahal berbanding kaedah penukaran kerana ia hanya menambah kapasiti kuasa yang lebih daripada yang sebelumnya.

2. Lahan

Apabila anda ingin memasang transformer, anda hanya menambah kuasa lebih daripada mesin sebelumnya, jadi anda tidak memerlukan ruang yang besar, malah peralatan tambahan tidak diperlukan. Oleh itu, berdasarkan jarak rangkaian yang ideal untuk meletakkan penukar input adalah 50 meter dari pengubah utama. Walau bagaimanapun, dalam kes ini kita tidak boleh bergantung kepada hasil pengiraan sahaja, tetapi juga perlu melihatnya dari lapangan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Dalam penyelidikan ini, penulis menjalankan penyelidikan dari 19 April 2022 hingga 19 Mei 2022. Di mana untuk mengumpul data yang diperlukan di PT. PLN (Persero) ULP Kecamatan Sutami Jatibaru Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan Lampung 35361

3.2. Jenis Penelitian

Penyelidikan ini menggunakan jenis penyelidikan kuantitatif. Penyelidikan kuantitatif ialah sejenis penyelidikan yang menjana dapatan dicapai (boleh diperoleh) menggunakan prosedur atau kaedah statistik selain daripada kuantitatif (pengukuran). Kaedah kuantitatif memberi tumpuan kepada gejala khusus dalam kehidupan seseorang yang dipanggil pembolehubah. Dalam kaedah kuantitatif, kandungan hubungan antara pembolehubah dianalisis menggunakan teori objektif.

Penyelidikan ini menggunakan kaedah pengumpulan data yang dilakukan secara pemerhatian langsung di lapangan di PT. PLN (Persero) ULP Sutami. Bagi langkah-langkah yang diambil dalam mengumpul data yang diperlukan dalam penyelidikan untuk analisis pengurusan limpahan transformer agihan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Untuk mendapatkan maklumat yang bersesuaian dengan fokus kajian, teknik pengumpulan dan pemprosesan data yang digunakan adalah seperti berikut :

1. Metode

Kaedah yang digunakan untuk pengumpulan data ialah pemerhatian secara langsung serta penyertaan secara langsung dalam pengumpulan data di lapangan.

a. Metode Pengumpulan Data

Penyelidikan perpustakaan Metode ini dilakukan dengan mengkaji dan mengumpul data daripada pengetahuan perpustakaan, dokumen daripada syarikat dan perpustakaan lain yang berkaitan dengan bahan pelaporan.

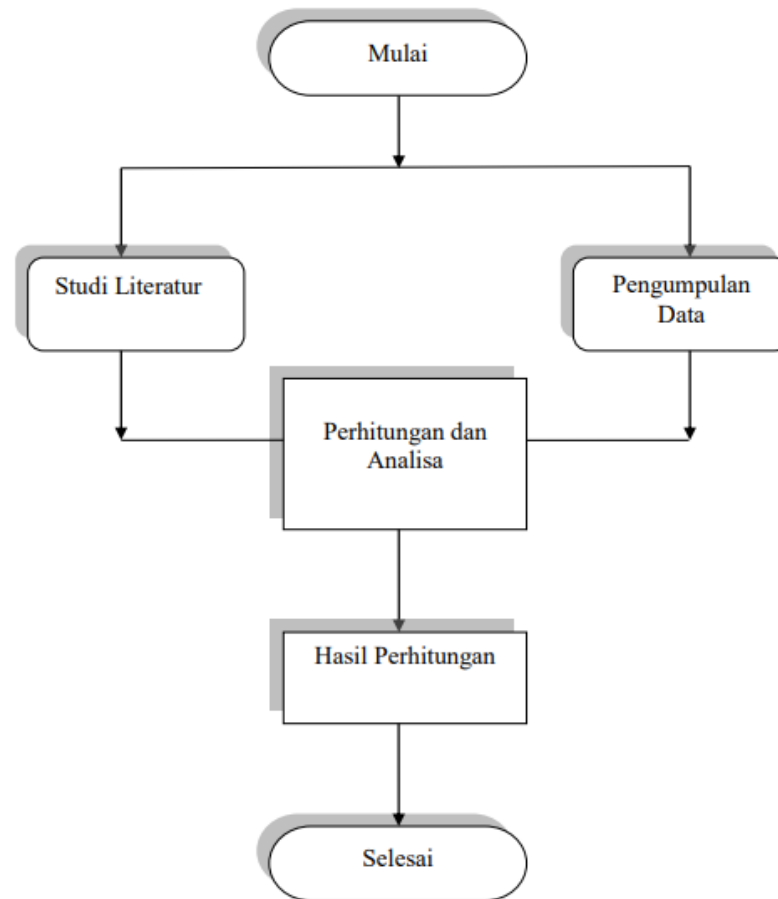
b. Riset Lapangan

Kaedah ini dilakukan dengan memerhati objek hidup yang telah dikaji secara pemerhatian. Penulisan, pemerhatian secara langsung, serta pengujian, pengukuran dan merekod serta pengiraan data berkaitan objek yang dikaji sepanjang tempoh di lapangan merupakan bahan penyusunan laporan ini.

2. Literatur

Data dikumpul dengan membaca buku, Jurnal dan sumber lain yang berkaitan dengan penyelidikan ini.

3.4 Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 Skema Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Pada PT.PLN (Persero) ULP Sutami Tanjung Bintang dengan trafo distribusi KRGK 0136 salah satu trafo distribusi kelebihan beban, trafo distribusi kelebihan beban dengan batas pembagian beban yang ditetapkan setelah PLN Trafo Punulan Es melebihi. Ini menyumbang lebih dari 80% dari beban transformator. Jika trafo kelebihan beban, Anda dapat menggunakan salah satu metode manipulasi yang paling efektif, yaitu Menaikkan Trafo.

Berdasarkan pengukuran terakhir di PT. PLN (Persero) ULP Sutami Tanjung Bintang pada tanggal 20 Januari 2022 dapat diketahui bahwa ice feeder di Gardu Induk KRGK 0136 memiliki beban puncak dengan load factor 95%. Persentase beban ini melebihi standar yang ditetapkan PLN dan di bawah 80% dari beban transformator. Untuk itu dilakukan upaya optimalisasi efisiensi kerja trafo dengan menggunakan metode trafo step up agar trafo gardu induk KRGK 0136 tidak mengalami beban lebih dan dapat diharapkan efisiensi trafo gardu induk KRGK 0136. lebih optimal.

Kondisi terakhir sebelum terjadi gangguan beban lebih pada trafo distribusi dari Gardu Induk KRGK 0136 di PT dapat saya konfirmasi dengan data berikut :

Tabel 4.1 Kondisi Gardu KRGK0136 Yang Diukur Pada Tanggal 15 Mei 2022

No. Gardu	Tanggal Pengukuran	Kapasitas (kVA)	Beban Trafo		Kondisi Trafo Distribusi busi	Saran Tindakan
			kVA	%		
KRGK0136	15 Mei 2022	200 kVA	167 kVA	83,51%	Normal	-

Keadaan terakhir gardu induk KRGK 0136 yang diukur pada tanggal 15 Mei 2022 didapatkan bahwa keadaan trafo sudah normal selama tiga bulan terakhir, namun dalam hal ini persentase beban juga mengalami peningkatan. Standar PLN sebesar 83,51% pada beban trafo 167 kVA. Namun, kondisi ini dianggap normal meski melebihi kapasitas normal PLN itu sendiri.

4.2 Analisis Dan Hasil Penelitian

4.2.1 Kondisi Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) ULP Sutami

Menurut standar IEC 60354, beban maksimum transformator yang diijinkan pada suhu sekitar $t_a = 30^\circ\text{C}$ adalah 91%, dan menurut SPLN 50: 1997, suhu titik panas maksimum isolasi transformator adalah 98°C . seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.2 Pembebanan Maksimal Dan Suhu Titik Panas Maksimal Menurut Standar PLN 50:1997 & IEC 60354

No	Parameter	Normal	Waspada	Darurat
1	Pembebanan	$\leq 80\%$	$80\% \leq x \leq 91\%$	$\geq 91\%$
2	Suhu	$\leq 90^\circ\text{C}$	$90^\circ\text{C} \leq x \leq 98^\circ\text{C}$	$\geq 98^\circ\text{C}$



Gambar 4.1 Nameplate Transformator 200 kVA No.Seri 20052123

Tabel4.3 Klasifikasi Transformator 200 kVA No.Seri 20052123

No	Name Plate KRGK0136 sebelum uprating transformator	
1.	No.Seri	20052123
2.	Merk	TRANSFORMER
3.	TahunPembuatan	2005
4.	Frekuensi	50Hz
5.	Daya	200kVA
6.	TeganganPrimer	20.000V
7.	TeganganSekunder	400/231V
8.	ArusPrimer	5,77A
9.	ArusSekunder	288,68A
10.	BeratTotal	1058kg

11.	Impedansi	4.13%
12.	Pedingin	ONAN
13.	Vektorgroup	Dyn5
14.	Phasa	3Phasa
15.	Standard	IEC-76/SPLN-50STANDARD
16.	Temperaturoil	55

4.2.2 Data Pengukuran Transformator Sebelum *Uprating*

Untuk melakukan analisis, data diperlakukan sebagai input, termasuk: data pengukuran arus, tegangan ujung jaringan, dan pengukuran tegangan Rack-TR.

Tabel 4.4 Arus Gardu KRGK0136 Sebelum *Uprating* Transformator

Jurusan	Arus digardu KRGK 0136			
	IR(A)	IS(A)	IT(A)	IN(A)
L1	71,0	84,0	43,0	48,0
L2	42,0	8,0	27,0	30,0
L3	150,0	158,0	171,0	37,0
L4	12,0	19,0	44,0	33,0
Total	275	269	285	148

Berdasarkan data pengukuran voltan rak TR pra-naik taraf:

Tabel 4.5 Pengukuran Tegangan DiRak-TR

Pengukuran Tegangan dirak-TR					
R-S(V)	S-T(V)	T-R(V)	R-N(V)	S-N(V)	T-N(V)
399	402	398	229	229	230

Berdasarkan data pengukuran voltan di hujung rangkaian voltan rendah pencawang KRGK 0136:

Tabel 4.6 Tegangan Di Ujung JTR Gardu KRGK 0136

Tegangan Di Ujung JTR Gardu KRGK 0136		
R-N(V)	S-N(V)	T-N(V)
220	215	217

Keadaan awal transformer agihan daripada pencawang KRGK 0136 PT.PLN (persero) ULP Sutami Tanjung Bintang, diukur pada 15 Mei 2022, ditunjukkan dalam jadual berikut;

Tabel4.7 Kondisi Awal Transformator KRGK 0136 Yang Diukur Pada Tanggal 20 mei 2022

No. Gardu	TanggalPe ngukuran	Kapasita s(kVA)	Beban Trafo		KondisiTr afo Distribusi	SaranTin dakan
			kVA	%		
KRGK0 136	20 mei 2022	200 kVA	190,126 kVA	95,05%	Darurat	Uprating Transfor mator

4.2.3 Kondisi Pembebanan Transformator Sebelum *Uprating*

Kapasiti pengubah pengubah pencawang KRGK 0136 ialah 200 kVA. Untuk mengira arus nominal/arus beban penuh :

$$\begin{aligned}
 I_{fl} &= \frac{\text{Kapasitas Transformator} \times 1000}{\text{Tegangan Kirim (V)}\sqrt{3}} \dots\dots\dots(4.1) \\
 &= \frac{200 \times 1000}{400\text{V} \times \sqrt{3}} \\
 &= \frac{200000}{400 \times \sqrt{3}} \\
 &= 288,67 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk mengira arus beban purata pengubah, kita boleh menggunakan formula berikut :

$$\begin{aligned} \text{Irata-rata} &= \frac{(IR + IS + IT)}{3} \dots\dots\dots(4.2) \\ &= \frac{(275 + 269 + 285)}{3} \\ &= 276,3 \text{ A} \end{aligned}$$

Untuk mengira hasil jumlah beban pengubah dalam pencawang KRGK 0136, beban setiap fasa mesti dikira terlebih dahulu. Keputusan pengiraan beban fasa boleh dilihat seperti berikut :

$$\begin{aligned} 1. \quad S_R &= I_{RTot} \times V_{RN} \dots\dots\dots(4.3) \\ &= 275 \times 229 \\ &= 62975 \text{ VA} \\ &= 62,975 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad S_S &= I_{STot} \times V_{SN} \dots\dots\dots(4.4) \\ &= 269 \times 229 \\ &= 61601 \text{ VA} \\ &= 61,601 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad S_T &= I_{Ttot} \times V_{TN} \dots\dots\dots(4.5) \\ &= 285 \times 230 \\ &= 6555 \text{ VA} \\ &= 65,55 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Setelah mendapat keputusan pengiraan beban per fasa iaitu fasa R, S

dan T di atas, barulah kira jumlah beban di bawah iaitu:

PerhitunganBebanTotal :

$$\begin{aligned}
 S_{Total} &= S_R + S_S + S_T \dots \dots \dots (4.6) \\
 &= 62,975 + 61,601 + 65,55 \\
 &= 190,126 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan total beban sesuai data sebelum trafo diupgrade, maka hasil persentase (%) beban sebelum trafo dipasang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Perhitungan persentase pemuatan :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Pembebanan} &= \frac{\text{Daya Total Beban}}{\text{Kapasitas Transformator}} \times 100\% \dots \dots \dots (4.7) \\
 &= \frac{190,126 \text{ kVA}}{200 \text{ kVA}} 100\% \\
 &= 95 \%
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan prosentase pembebanan sebelum power boost trafo didapatkan bahwa prosentase (%) pembebanan trafo sebesar 95% yang dikatakan bahwa pembebanan trafo dalam kondisi overload, maka langkah selanjutnya untuk mengatasi hal tersebut kasus harus diambil tindakan untuk mengurangi gangguan kelebihan beban yang terjadi di gardu induk KRGK 0136.

4.2.4 Data Jenis Penghantar Jaringan Tegangan Rendah Pada Gardu KRGK 0136

Diketahui bahwa rangkaian voltan rendah di PT.PLN (Persero) ULP Sutami Tanjung Bintang menggunakan konduktor aluminium (AL) berdiameter tunggal (kabel berpintal) dengan suhu persekitaran konduktor JTR, yang diandaikan 30 darjah.

Tabel 4. 8 Data Jenis Penghantar JTR Pada Gardu KRGK 0136 Dan Nilai Reaktansi, ResistansiKabel

Penghantar		(KHA)	ResistansiPen	ReaktansiP
Jenis	Ukuran	Kemampuan HantarArus(A)	ghantarPada2 0	adaF=50Hz
KabelTwi sted	3x50+1x50mm ²	154	0,641	0,3678
	3x50+1x50mm ²	154	0,641	0,3678
	3x70+1x50mm ²	196	0,443	0,3572
	3x70+1x50mm ²	196	0,443	0,3572

Dapatdiketahuiilaibesar:

Serta Panjang kabeluntuk jurusan L1 yaitu 0,225 km, L2 yaitu 0,350 km, L3 yaitu 0,450 km, serta L4 yaitu0,6 km.

1. JurusanL1(A)

Panjang Saluran A (L) = 0,225 km, r = 0,641 ohm/km, x = 0,1ohm/km.

Maka $R = 0,641 \times 0,225 = 0,14$ ohm.

$X = 0,1 \times 0,225 = 0,022$ ohm.

2. JurusanL2(B)

Panjang Saluran B (L) = 0,350 km, r = 0,641 ohm/km, x = 0,1ohm/km.

Maka $R = 0,641 \times 0,350 = 0,22$ ohm.

$X = 0,1 \times 0,350 = 0,035$ ohm.

3. JurusanL3(C)

Panjang Saluran C (L) = 0,450 km, r = 0,443 ohm/km, x =0,1ohm/km.

Maka $R = 0,450 \times 0,443 = 0,19$ ohm.

$X = 0,1 \times 0,443 = 0,022$ ohm

4. JurusanL4(D)

Panjang Saluran D (L) = 0,6 km, r = 0,443 ohm/km, x = 0,1 ohm/km.

Maka $R = 0,6 \times 0,443 = 0,26$ ohm.

$X = 0,1 \times 0,6 = 0,06$ ohm.

Diketahui $\cos\varphi=0,8$ dan $\sin\varphi=0,5$

4.2.5 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Untuk Mengetahui Nilai EfisiensiSebelum Uprating

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada 20 Jun 2022, dapat diketahui bahawa di Penyulang Es di pencawang KRGK 0136, beban puncak mencapai 95%, di mana transformer agihan melebihi had peraturan beban yang ditetapkan SPLN melebihi 80 % daripada beban pengubah, keadaan membawa kepada penggunaan kecekapan pengubah yang tinggi. Oleh itu, percubaan mesti dibuat untuk mengoptimumkan kecekapan kerja pengubah secara kaedah

Meningkatkan kuasa transformer supaya transformer di pencawang KRGK 0136 tidak terlebih beban dan kecekapan transformer di pencawang KRGK 0136 dijangka dapat berfungsi dengan lebih optimum.

Kehilangan kuasa saluran timbul daripada kehadiran komponen

rintangan dan reaktans dalam bentuk kehilangan kuasa aktif dan reaktif. Kehilangan kuasa aktif yang berlaku di bahagian rintangan saluran agihan dilesapkan dalam bentuk tenaga. Jumlah kehilangan kuasa setiap major dikira menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta P = \frac{1}{3} (IR^2 + IS^2 + IT^2 + IN^2) \times R \times L \dots \dots \dots (4.8)$$

Jadi, untuk mencari nilai kehilangan kuasa pada pengubah agihan KRGK 0136 sebelum meningkatkan pengubah, iaitu :

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ Jurusan L1} &= \frac{1}{3} (71^2 + 84^2 + 43^2 + 48^2) \times 0,14 \times 0,225 \\ &= 170,625 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ Jurusan L2} &= \frac{1}{3} (42^2 + 8^2 + 27^2 + 30^2) \times 0,22 \times 0,350 \\ &= 88,792 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ Jurusan L3} &= \frac{1}{3} (42^2 + 8^2 + 27^2 + 30^2) \times 0,22 \times 0,350 \\ &= 2.225,109 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta P \text{ Jurusan L4} &= \frac{1}{3} (12^2 + 19^2 + 44^2 + 33^2) \times 0,26 \times 0,6 \\ &= 183,56 \text{ W} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan hasil nilai rugi daya sebelum dilakukan *uprating* transformator pada tiap jurusannya lalu kita menghitung nilai total rugi daya yang dihasilkan untuk melihat rugi-rugi daya secara keseluruhan di gardu KRGK 0136 saat kondisi sebelum di *uprating*

transformator, yang dimana didapatkan sesuai dengan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 \Delta P_{\text{Total}} &= \Delta P_{\text{Jurusan L1}} + \Delta P_{\text{Jurusan L2}} + \Delta P_{\text{Jurusan L3}} + \Delta P_{\text{Jurusan L4}} \\
 &\dots\dots\dots(4.9) \\
 &= 170,625 + 88,729 + 2.225,109 + 183,56 \\
 &= 2.668,023 \text{ W} \\
 &= 2,668 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka dari itu untuk mengetahui nilai efisiensi dari suatu transformator dilakukan perhitungan sesuai dengan pada nameplate transformator itu sendiri. Didapatkan bahwa untuk transformator dengan kapasitas 200 kVA dengan pembebanan sebesar 190,126 kVA dan mempunyai rugi-rugi daya dengan nilai pada rugi daya sebesar 2.668,023 W atau 2,668 kW, dengan mengkonversi kW ke kVA. Dengan cara $2,668/0,8 = 3,336 \text{ kVa}$. Didapatkan dengan persamaan ini

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.10)$$

$$= \frac{S_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + \text{Rugi-rugi}} \times 100 \% \dots\dots\dots(4.11)$$

$$= \frac{190,126}{190,126 + 3,335} \times 100 \%$$

$$= 98,27 \%$$

4.2.6 Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan Di Ujung Saluran Akhir Transformator Sebelum *Uprating*

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan pada ujung saluran akhir transformator sebelum *uprating* pada gardu KRGK 0136 maka dapat dilakukan perhitungan tegangan regulasi per fasa yaitu pada fasa R,S, dan T dengan menggunakan rumus persamaan yang dimana dapat dihitung seperti dibawah ini, yaitu: Berdasarkan Pengukuran :

Regulasi Tegangan Pada Fasa R

$$\begin{aligned} V_{\text{reg}} &= \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \% \\ &= \frac{229 - 220}{220} \times 100 \% \\ &= 4,09 \% \end{aligned}$$

Regulasi Tegangan Pada Fasa S

$$\begin{aligned} V_{\text{reg}} &= \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \% \\ &= \frac{230 - 215}{215} \times 100 \% \\ &= 6,51 \% \end{aligned}$$

Regulasi Tegangan Pada Fasa T

$$\begin{aligned} V_{\text{reg}} &= \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100 \% \\ &= \frac{230 - 217}{217} \times 100 \% \\ &= 6 \% \end{aligned}$$

4.2.7 Data Pengukuran Transformator Sesudah *Uprating*

Setelah dilakukan nya analisis perhitungan pembebanan sebelum *uprating* transformator maka selanjutnya dilakukan nya penanganan *uprating* transformator.

Berikut ialah papan nama pengubah selepas peningkatan kuasa pengubah dengan kapasitas 250 kVA.



Gambar 4.2 Nameplate Transformator 250kVA No.Seri15037075

Tabel 4.9 Klasifikasi Transformator KRGK 0136 Sesudah *Uprating* Transformator No.Seri15037075

Name Plate KRGK 0136 sesudah <i>uprating</i> transformator	
No.Seri	15037075
Merk	SINTRA
TahunPembuatan	2007
Frekuensi	50Hz
Daya	250kVA
TeganganPrimer	20.000V
TeganganSekunder	400/231V
ArusPrimer	7,217 A
ArusSekunder	360,8A
BeratTotal	1140kg
Impedansi	4.13%
Pedingin	ONAN
Vektorgroup	Dyn5
Phasa	3Phasa
Standard	D3.002-1:2007
Temperaturoil	50/55

Di bawah adalah hasil pengukuran pada transformer agihan yang dinaik taraf untuk transformer terlampau beban KRGK 0136.

Tabel 4.10 Arus Di Gardu KRGK 0136 Sesudah *Uprating* Transformator (A)

Jurusan	Arus digardu KRGK0136			
	IR(A)	IS(A)	IT(A)	IN(A)
L1	73,0	79,0	41,0	49,0
L2	45,0	8,0	24,0	45,0
L3	138,0	153,0	157,0	34,0

L4	8,0	19,0	55,0	39,0
Total	264	259	277	167

Berikut adalah hasil pengukuran pengukuran voltan pada rak TR selepas meningkatkan pengubah(Volt):

Tabel4.11 Pengukuran Tegangan Di Rak-TR Sesudah *Uprating* Transformator (Volt)

Pengukuran Tegangan di rak-TR					
R-S(V)	S-T(V)	T-R(V)	R-N(V)	S-N(V)	T-N(V)
397	400	399	227	230	299

Berikut adalah keputusan pengukuran voltan di hujung pencawang JTR KRGK0136

Tabel 4. 12 Tegangan Di Ujung Gardu KRGK 0136 Sesudah *Uprating* Transformator (Volt)

Tegangan diujung JTR Gardu KRGK 0136		
R-N(V)	S-N(V)	T-N(V)
215	221	219

4.2.8 Kondisi Pembebanan Transformator Sesudah *Uprating*

Transformer di pencawang KRGK 0136 selepas melakukan pertambahan kuasa transformer ini mempunyai kapasiti transformer 250kVA, untuk mengira arus undian / arus beban penuh adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Ifl &= \frac{\text{KapasitasTransformator} \times 1000}{\text{TeganganKirim (V)}\sqrt{3}} \\
 &= \frac{250 \times 1000}{400\text{V}\sqrt{3}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{250000}{400 \sqrt{3}}$$

$$= 360,8 \text{ A}$$

Kemudian pengiraan arus beban purata pengubah dilakukan semula, jika selepas menaik taraf pengubah, formula boleh digunakan:

$$\begin{aligned} \text{I rata-rata} &= \frac{(I_R + I_S + I_T)}{3} \\ &= \frac{(264 + 259 + 277)}{3} \\ &= 266,6 \text{ A} \end{aligned}$$

Pengiraan beban transformer setiap fasa selepas naik taraf transformer di pencawang KRGK 0136.

Perhitungan Beban Per fasa

$$\begin{aligned} 1. \quad S_R &= I_{RTot} \times V_{RN} \\ &= 264 \times 227 \\ &= 59928 \text{ VA} \\ &= 59,928 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad S_S &= I_{STot} \times V_{SN} \\ &= 259 \times 230 \\ &= 59570 \text{ VA} \\ &= 59,570 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$3. \quad S_T = I_{Ttot} \times V_{TN}$$

$$\begin{aligned}
 &= 277 \times 229 \\
 &= 63433 \text{ VA} \\
 &= 63,433 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapat hasil pengiraan beban per fasa iaitu fasa R, S dan T di atas, barulah kira jumlah beban yang dibawa iaitu:

Perhitunganbebantotal

$$\begin{aligned}
 S_{Total} &= 59,928+59,570+63,433 \\
 &=182,931\text{kVA}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapat hasil pengiraan beban per fasa, yang mana di atas adalah fasa R, S dan T, maka kira jumlah beban yang dibawa, iaitu:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Pembebanan} &= \frac{\text{Days Total Beban}}{\text{Kapasitas Transformator}} \times 100\% \\
 &= \frac{182,931 \text{ kVA}}{250 \text{ kVA}} \times 100\% \\
 &= 73 \%
 \end{aligned}$$

Selepas pengiraan peratusan beban pada transformer selepas kuasa transformer meningkat, keputusan menunjukkan bahawa transformer KRGK 0136 kembali normal atau tidak terlebih beban, memandangkan jumlah peratusan beban pada transformer tidak lagi melebihi beban piawai yang ditentukan sebelum ini, iaitu 73%.

4.2.9 Perhitungan Rugi-Rugi Daya Untuk Mengetahui Nilai Efisiensi Sesudah *Uprating*

Setelah melakukan *uprating* transformator pada gardu KRGK 0136, Kemudian selanjutnya dilakukan nya perhitungan yang dengan tujuan sebagai perbandingan rugi- rugi daya dari transformator 200 kVA dengan transformator 250 kVA yang dimana pembebanan pada transformator tersebut sebesar 182,931 kVA, dengan melihat perbandingan nilai arus di tiap jurusan setelah dilakukan nya *uprating* transformator.

Maka untuk mencari nilai rugi-rugi daya pada suatu transformator distribusi KRGK 0136 sesudah *uprating* transformator yaitu :

$$\begin{aligned}\Delta P \text{ Jurusan L1} &= \frac{1}{3}(73^2 + 79^2 + 41^2 + 49^2) \times 0,14 \times 0,225 \\ &= 164,346 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P \text{ Jurusan L2} &= \frac{1}{3}(45^2 + 8^2 + 24^2 + 45^2) \times 0,22 \times 0,350 \\ &= 120,376 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P \text{ Jurusan L3} &= \frac{1}{3}(138^2 + 153^2 + 157^2 + 34^2) \times 0,19 \times 0,450 \\ &= 1.945,353 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta P \text{ Jurusan L4} &= \frac{1}{3}(8^2 + 19^2 + 55^2 + 39^2) \times 0,26 \times 0,6 \\ &= 258,492 \text{ W}\end{aligned}$$

Setelah didapatkan hasil nilai rugi daya sebelum dilakukan *uprating*

transformator pada tiap jurusan nya lalu kita menghitung nilai total rugi daya yang di hasilkan untuk melihat rugi-rugi daya secara keseluruhan di gardu KRGK 0136 saat kondisi sesudah di *uprating* transformator, yang dimana didapatkan sesuai dengan persamaan dibawah ini maka didapatkan:

$$\begin{aligned}\Delta P \text{ Total} &= \Delta P \text{ JurusanL1} + \Delta P \text{ Jurusan L2} + \Delta P \text{ JurusanL3} + \Delta P \\ &\quad \text{JurusanL4} \\ &= 163,346 + 120,376 + 1.945,353 + 258,492 \\ &= 2.488,567 \text{ W} \\ &= 2,488 \text{ kW}\end{aligned}$$

Bagi menentukan magnitud kecekapan selepas melakukan penaikan transformer, didapati juga kehilangan kuasa selepas melakukan penaikan mempunyai nilai 2,488,567 W atau 2,488 kW, di mana kW dalam kVA = $2,488/0.8 = 3,11$ kVA bertukar kepada beban 182,931 kVA. Untuk pengiraan, anda boleh menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{P_{out}}{P_{out} + \text{Rugi-rugi}} \times 100 \% \\ &= \frac{182,931}{182,931 + 3,11} \times 100 \% \\ &= 98,32 \%\end{aligned}$$

4.2.10 Perhitungan Persentase Jatuh Tegangan Di Ujung Saluran Akhir Transformator Sesudah *Uprating* Transformator

Untuk mengira peratusan penurunan voltan pada hujung saluran terakhir pengubah sebelum peningkatan kuasa di pencawang KRGK 0136, voltan kawalan setiap fasa boleh dikira, i. H. pada fasa R, S dan T dengan menggunakan formula persamaan yang boleh dikira seperti berikut, iaitu:

Berdasarkan Pengukuran :

Regulasi Tegangan Pada Fasa R

$$\begin{aligned} V_{\text{reg}} &= \frac{V_s - v_r}{V_r} \times 100 \% \\ &= \frac{227 - 215}{215} \times 100 \% \\ &= 5,58 \% \end{aligned}$$

Regulasi Tegangan Pada Fasa S

$$\begin{aligned} V_{\text{reg}} &= \frac{V_s - v_r}{V_r} \times 100 \% \\ &= \frac{230 - 221}{221} \times 100 \% \\ &= 4 \% \end{aligned}$$

Regulasi Tegangan Pada Fasa T

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reg}} &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \% \\
 &= \frac{229 - 219}{219} \times 100 \% \\
 &= 4,56 \%
 \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

4.3.1 Perbandingan Persentase Pembebanan Sebelum dan Sesudah *Uprating*

Sesuai dengan data pengukuran beban transformator sebelum dan sesudah *uprating* transformator pada Gardu Distribusi KRGK 0136 area PT.PLN (Persero) ULP Sutami Tanjung Bintang, maka didapatkan hasil perhitungan pembebanan transformator perphasa sebelum *uprating* transformator yaitu pada fasa R sebesar 62,975 kVA, fasa S sebesar 61,607 kVA, dan fasa T sebesar 65,55 kVA dengan persentase pembebanan daya transformator sebesar 95% yang dimana pembebanan ini sudah melewati batas standard PLN sebesar 80% dari kapasitas transformatornya.

Dari pembebanan tersebut maka pembebanan pada transformator dapat dikatakan dalam keadaan *overload*, oleh karena itu dilakukan penanganan metode *uprating* transformator untuk mengatasi pembebanan berlebih (*Overload*) pada gardu distribusi KRGK 0136.

Di bawah adalah jadual dengan keputusan pembebanan transformer sebelum penambahan kuasa transformer di pencawang KRGK 0136. Ini dapat dilihat daripada jadual di bawah:

Tabel 4.13 Pembebanan Transformator Sebelum Dilakukan *Uprating* Transformator

Jurusan	Arus Jurusan				PersentasePembebanan Daya Transformator(%)
	R	S	T	N	
A	71,00	84,00	43,00	48,00	95%
B	42,00	8,00	27,00	30,00	
C	150,00	158,00	171,00	37,00	
D	12,00	19,00	44,00	33,00	
Daya(kVA)	62,975	61,607	65,55	-	
Daya TotalTransfo rmator (kVA)	190,132				

Setelah dilakukan perhitungan pembebanan transformator sesudah *uprating* transformator maka didapatkan perhitungan pembebanan transformator perphasa yaitu pada fasa R sebesar 59,928 kVA, fasa S sebesar 59,570 kVA, dan juga untuk fasa T sebesar 63,433 kVA dengan persentase pembebanan daya transformator sebesar 73% yang dimana pembebanan setelah dilakukan *uprating* transformator didapatkan bahwa transformator tersebut sudah dikatakan tidak *overload* lagi karena persentase pembebanan nya dibawah 80%.

Dibawah ini merupakan tabel hasil pembebanan transformator sesudah dilakukannya *uprating* transformator pada gardu distribusi KRGK 0136. Ini dapat dilihat dari tabel di bawah :

Tabel4.14 Pembebanan Transformator Sesudah Dilakukan *Uprating* Transformator

Jurusan	Arus Jurusan				Persentase Pembebanan Daya Transformator(%)
	R	S	T	N	
A	73	79	41	49	73%
B	45	8	24	45	
C	138	153	157	34	
D	8	19	55	39	
Daya(kVA)	59,928	59,570	63,433	-	
Daya TotalTrans formator (kVA)	182,931				

Beban pada transformer selepas peningkatan kuasa transformer baru terhasil daripada perbandingan dalam jadual di atas dari tahap penggunaan 73%, yang bermaksud bahawa transformer boleh diklasifikasikan sebagai transformer yang sudah baik mengikut piawaian PLN, yang mana berada di bawah 80%.

4.3.2 Perbandingan Rugi Daya Untuk Mengetahui Nilai Efisiensi Transformator Sebelum Dan Sesudah *Uprating*

Daripada hasil analisis didapati kehilangan kuasa pada transformer KRGK 0136 sebelum peningkatan kapasiti transformer adalah lebih besar iaitu 2,668 KW, ini berlaku kerana lebih banyak beban digunakan sebelum peningkatan kapasiti transformer. di mana arus yang mengalir dalam wayar neutral pengubah adalah lebih besar, jadi boleh dikatakan bahawa semakin besar arus yang mengalir dalam wayar neutral pengubah, semakin besar

pelepasan kuasa dan semakin besar peratusan pelepasan kuasa.

Tabel 4.15 Perbandingan Rugi Daya Serta Persentase Nilai Efisiensi Sebelum Dan Sesudah *Uprating* Transformator KRGK0136

Rugi-Rugi Daya Pada Transformator KRGK0136		
$\Delta P_{\text{Jurusan}}(\text{W})$	Sebelum <i>Uprating</i>	Sesudah <i>Uprating</i>
$\Delta P_{\text{JurusanL1}}(\text{W})$	170,625 W	164,346W
$\Delta P_{\text{JurusanL2}}(\text{W})$	88,729 W	120,376W
$\Delta P_{\text{JurusanL3}}(\text{W})$	2.225,109W	1.945,353 W
$\Delta P_{\text{JurusanL4}}(\text{W})$	183,56W	258,492W
$\Delta P_{\text{Total}}(\text{W})$	2.668,023 W	2.488,567 W
Efisiensi(%)	98,27%	98,32%

Dari tabel diatas dapat terlihat bahwa efisiensi trafo juga lebih besar ketika transformator sebelum dilakukan *uprating* dengan kapasitas transformator sebesar 200 kVA yaitu sebesar 98,27%, sedangkan ketika dilakukan penanganan *uprating* transformator dengan kapasitas transformator yang lebih besar sebesar 250 kVA maka persentase efisiensi pemakaian transformator menjadi menurun sebesar 98,32%. Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi ketika transformator dengan kapasitas 200 kVA yang dibebani sebesar 190,126 kVA. Ini kerana penggunaan beban yang lebih tinggi berlaku apabila pengubah kapasiti 200 kVA dimuatkan dengan 190,126 kVA, dan apabila ini dikendalikan dengan meningkatkan pengubah kapasiti 250 kVA, beban dikurangkan kepada 182,931 kVA. Dari sini dapat disimpulkan bahawa penggunaan beban elektrik adalah berkadar terus dengan kecekapan transformer dan

berkadar songsang dengan kehilangan kuasa elektrik dalam transformer. Ini bermakna lebih banyak beban elektrik digunakan, lebih besar kecekapan transformer dan lebih kecil pelepasan kuasa, lebih besar kecekapan transformer dan sebaliknya.

4.3.3 Perbandingan Persentase Jatuh Tegangan Di Ujung Saluran Akhir Sebelum Dan Sesudah *Uprating*

Setelah menghitung beban sebelum *uprating* transformator, dapat dilihat dari perhitungan regulasi jatuh tegangan ternyata tegangan kirim di trafo dan tegangan di ujung penerima sebelum *uprating* masih dalam kondisi batasan wajar dengan persentase masih dibawah 10% sehingga dalam hal ini kita hanya perlu melihat nilai persentase regulasi tegangan nya. Untuk memastikan apakah penyaluran daya pada transformator tersebut mengalami jatuh tegangan atau tidak. Oleh karena itu dilakukan perhitungan secara manual terhadap persentase jatuh tegangan di ujung saluran akhir transformator. Berdasarkan perhitungan dapat dilihat bahwa kondisi transformator di gardu KRGK 0136 walaupun mengalami gangguan *overload* pada transformatornya akan tetapi tidak mempengaruhi nilai jatuh tegangan di ujung saluran penerima. Untuk lebih jelas dapat dilihat hasil persentase regulasi drop tegangan di ujung penerima pada tabel berikut.

Tabel 4.16 Persentase Regulasi *Drop* Tegangan Di Ujung penerima

Kondisi	Fasa R (%)	Fasa S (%)	Fasa T (%)
---------	------------	------------	------------

Sebelum Uprating Transformator	4,09%	6,51%	6%
---	-------	-------	----

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa didapatkan hasil dari perhitungan untuk persentase drop tegangan pada fasa R sebesar 4,09% dan fasa S sebesar 6,51% kemudian untuk fasa T sebesar 6%. Maka dari itu pada gardu KRGK 0136 mengalami *overload* akan tetapi tidak mengalami kondisi jatuh tegangan di ujung saluran penerima.

Setelah memastikan bahwa tidak terdapat jatuh tegangan di ujung penerima melalui perhitungan yang dilakukan, selanjutnya dilakukannya *uprating* transformator. Hal ini yang mendasari kasus *overload* pada gardu KRGK 0136 untuk melakukan *uprating* transformator.

Setelah dilakukannya *uprating* transformator kita melihat perbandingan sesudah dilakukannya *uprating* transformator untuk memastikan bahwa tegangan di ujung saluran tersebut tidak mengalami jatuh tegangan di ujung saluran. Dan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel4. 17 Persentase Regulasi *Drop* Tegangan Di Ujung Penerima

Kondisi	FasaR(%)	FasaS (%)	FasaT (%)
Sesudah Uprating Transformator	5,58%	4%	4,56%

Hasil membuktikan bahwa persentase nilai jatuh tegangan masih dalam kondisi normal ketika sudah dilakukannya *uprating* transformator.

Hal ini membuktikan bahwa pada gardu KRGK 0136 untuk penyaluran daya nya tidak mengalami kondisi jatuh tegangan di ujung saluran penerima nya. Hal ini dikarenakan pada transformator KRGK 0136 mengalami keadaan dalam kondisi *overload* tidak begitu lama sehingga gardu KRGK 0136 ini tidak berpengaruh terhadap nilai jatuh tegangan nya. Karena itu, hal ini lah yang mendasari bahwa pada kasus *overload* di gardu KRGK 0136 ini melakukan uprating transformator.

4.4 Implikasi Masalah

Disebabkan oleh peraturan yang dibuat, beban pengubah yang dibenarkan ialah 80% daripada kapasiti pengubah. Ini bermakna alatubah KRGK 0136 diisytiharkan sebagai pengubah beban lampau kerana bahagian beban melebihi peruntukan 95%. Bagi mengekalkan kesinambungan pengagihan kuasa dan kualiti perkhidmatan kepada pelanggan, PLN mengambil langkah-langkah untuk menjalankan pembaikan mengikut keperluan sehingga keadaan lebih beban transformer dapat diatasi. Namun, dalam penyiasatan ini, penulis hanya menganalisis satu transformer untuk mengatasi keadaan tersebut dan objek penyiasatan ini tertumpu kepada transformer KRGK 0136 yang mengalami lebih beban. Berdasarkan kajian penulis, lebih beban transformer boleh diatasi melalui tiga cara iaitu menambah kuasa dan memasang plug-in transformer serta memindahkan jurusan. Walau bagaimanapun, apabila mengatasi beban lampau pengubah KRGK 0136, naik taraf dilakukan untuk memperbaiki beban lebih pengubah.

Sesuai dengan data pengukuran beban transformator sebelum dan sesudah *uprating* transformator pada Gardu distribusi KRGK 0136 penyulang Es area PT. PLN (Persero) ULP Sutami Tanjung Bintang, maka didapat hasil perhitungan pembebanan transformator perphasa sebelum *uprating* transformator yaitu pada fasa R sebesar 62,975 kVA, fasa S sebesar 61,607 kVA, dan fasa T sebesar 65,55 kVA dengan persentase pembebanan daya transformator sebesar 95 % yang dimana sudah melewati batas standar PLN yaitu sebesar 80 % dari kapasitas transformatornya. Dari pembebanan tersebut maka pembebanan pada transformator dapat dikatakan sudah *overload*, Oleh karena itu dilakukan *uprating* transformator untuk mengatasi pembebanan lebih atau *overload* pada gardu distribusi KRGK 0136. Setelah dilakukan perhitungan pembebanan transformator sesudah *uprating* transformator baru maka didapat perhitungan pembebanan transformator perphasa yaitu pada fasa R sebesar 59,928 kVA, fasa S sebesar 59,570 kVA, dan fasa T sebesar 63,433 kVA dengan persentase pembebanan daya transformator sebesar 73 % yang dimana pembebanan setelah dilakukan *uprating* transformator sudah dikatakan tidak *overload* lagi atau dibawah 80%. Sesuai dengan perbandingan yang didapat maka pembebanan pada transformator setelah dilakukan *uprating* transformator didapat 73% yang dimana dikategorikan sudah baik dan sesuai dengan standard pembebanan dibawah 80%. Karena itu setelah dilakukan *uprating* transformator dengan pembebanan dibawah 80% maka transformator dapat dikatakan bekerja dengan baik dan

membuat penyaluran listrik dari gardu KRGK 0136 dapat disalurkan dengan baik hingga sampai ke pelanggan.

Peneliti menemukan upaya penanganan ataupun rencana tindak lanjut yang dilakukan pihak PT. PLN (Persero) ULP Sutami Tanjung Bintang adalah menggunakan metode *uprating* yaitu dengan menambahkan daya transformator dari 200 kVA di *uprating* menjadi 250 kVA. Hal tersebut sesuai dengan penelitian oleh Samsurizal & Hadinoto (2020) bahwa salah satu upaya penanganan kasus *Overload* adalah metode *uprating*. Metode *uprating* transformator berfungsi untuk mengatasi kasus *overload* pada transformator. Metode ini paling sederhana atau mudah tanpa persyaratan apapun untuk mengatasi transformator *overload*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pemakaian beban transformator perphasa fasa R sebesar 62,975 kVA, fasa S sebesar 61,607 kVA, dan fasa T sebesar 65,55 kVA dengan persentase pembebanan daya transformator sebesar 95 % yang dimana sudah melewati batas standar PLN yaitu sebesar 80 % dari kapasitas transformatornya.
2. Cara penanggulan apabila terjadinya transformator yang *overload* salah satu metode nya yaitu uprating transformator dimana metode ini merupakan salah satu metode yang dapat digunakan khususnya pada gardu KRGK 0136 dikarenakan metode ini merupakan suatu metode penambahan daya transformator yang lebih besar dari daya sebelumnya sehingga tidak perlu membutuhkan lahan yang luas bahkan material tambahan lain nya, selain itu metode ini merupakan suatu metode yang paling efisien serta ekonomis.
3. Dari hasil analisis beserta perhitungannya, didapatkan setelah menggunakan metode ini, presentase pembebanan transformator berkurang hingga 73% dengan penambahan daya ke transformator sebesar 250 kVA. Presentase pembebanan ini berkurang dari persentase sebelumnya dengan pembebanan sebesar 95,05% dari kapasitas transformator 200 kVA.

5.2 Saran

1. Kepada petugas PLN agar selalu memperhatikan connecting pembebanan konsumen setiap fasa untuk menjaga tidak terjadi keseimbangan beban agar pembebanan trafo tidak *overload* di salah satu fasa.
2. Usia trafo maksimum 20 tahun sehingga *proventif maintenance* trafo harus dijaga lebih baik agar usia trafo bisa optimum

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan & Anggit Priatama, (2021). Fakultas Teknik. "Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Transmisi Tegangan Tinggi 150 Kv Di Pln Sungguminasa". Skripsi. Makasar. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Imaulan Irsyadi, (2021). Fakultas Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan. "Analisa Mengatasi Transformator Yang Overload Dengan Metode Uprating Transformator Pada Gardu Distribusi Di Pt . Pln (Persero) Ulp Tanjung Karang". Skripsi. Jakarta. Institut Teknologi Pln 24-47
- Muhammad Amri Ramli, (2021). "Studi Analisis Dampak Overload Transformator Terhadap Kualitas Daya Di Pt. Pln (Persero) Ulp Pangkep", Skripsi. Makasar. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Sugianto, dkk. 2014. "Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Saluran Transmisi Tegangan Menengah 150 KV Dari Gardu Induk Koto Panjang ke Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru". Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau Kampus Bina Widya Pekanbaru.
- Sujatmiko, Hermawan. 2009. "Analisis Kerugian Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV di PT. PLN (Persero) Penyaluran & Pusat Pengaturan Beban (P3B) Jawa Bali Regional Jawa Tengah & DIY Unit Pelayanan Transmisi Semarang". Jurnal Teknik Elektro. Universitas Negeri Semarang.
- Widiatmika, K. W., Wijaya, I. A., & Setaiawan, I. N. (2018). E-Journal SPEKTRUM. Analisa Penambahan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload Pada Transformator DB0244 Di Penyulang Sebelanga, 5(2), 19-25.
- Yusuf, M. Y., Firdaus, & Feranita. (2016). Fakultas Teknik. Analisa Konfigurasi Hubungan Primer dan Sekunder Transformator 3 Fasa 380/24 V Terhadap Beban Non Linier, 3(1), 2-12.

LAMPIRAN



PERSYARIKATAN MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH LAMPUNG
LEMBAGA PENELITIAN, PENGKAJIAN, DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
(LP3M)

Jl. H.Zainal Abidin Pagar Alam No.14 Telp. (0721) 701246 -705178 Fax. (0721) 701246
Bandar Lampung 35142

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor:326/KET/II.3-AU/F/LP3M/2022

Saya yang bertandatangan di bawah ini Kepala LP3M Universitas Muhammadiyah Lampung menerangkan bahwa :

Nama: : Akhori Saputra
NPM : 18010041
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisis Penanggulangan Overload Transformator Distribusi Dengan Metode Uprating Di Pt. PLN (Persero) ULP Sutami


benar telah melakukan cek plagiasi dan layak serta di publikasikan dengan hasil 23%, sesuai dengan Peraturan Rektor Nomor : 480/PR/II.3-AU/F/2020.

Demikian surat keterangan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 07 Septemeber 2022

Kabag. Penelitian

Hesti, M. Pd.
NBM. 1.223.034

Kepala LP3M

Medi Yansyah, M. Pd.
NBM. 1.340.918

SURAT KETERANGAN
TELAH MELAKSANAKAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini dijelaskan bahwa:

Nama : AKHORI SAPUTRA
Fakultas/Prodi : Tekni/Teknik Elektro
Npm : 18010041
Status : Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Lampung
Alamat : Jl. H. Z.A. Pagar Alam No. 14 Labuhan Ratu Bandar
Lampung 35142

Adalah benar nama tersebut telah melaksanakan Penelitian atau pengumpulan data di PT. PLN (Persero) ULP Sutami, telah melaksanakan selama 1 (satu) bulan, terhitung dari tanggal 19 April hingga 19 Mei 2022.

Dengan surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagai mana mestinya.

Tanjung Bintang, 25 Mei 2022


Brillyansyah Putra B
(SPV dan Administrasi)



Nameplate Transfromator KRGK 0136 Sebelum *Uprating* Transformator

Tabel Klasifikasi Transformator KRGK 0136 Sebelum Uprating Transformator

No	Name Plate KRGK 0136 sebelum uprating transformator	
1.	No. Seri	20052123
2.	Merk	TRANSFORMER
3.	Tahun Pembuatan	2005
4.	Frekuensi	50 Hz
5.	Daya	200 Kva
6.	Tegangan Primer	20.000 V
7.	Tegangan Sekunder	400/231 V
8.	Arus Primer	5,77 A
9.	Arus Sekunder	288,68 A
10.	Berat Total	1058 kg
11.	Impedansi	4.13 %
12.	Pedingin	ONAN
13.	Vektor group	Dyn5
14.	Phasa	3 Phasa
15.	Standard	IEC-76 / SPLN-50 STANDARD
16.	Temperatur oil	55

SINTRA
PT. SINTRA SINARINDO ELEKTRIK

DIBUAT DENGAN STANDAR SPLN D3.002-1:2007
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI (HERMETIK) 3 FASE 50 Hz

No. SERI 1 5 0 3 7 0 7 5

DAYA PENGENAL (kVA)	250	250
	PRIMER	SEKUNDER
HUBUNGAN	D	yn5
TEGANGAN PENGENAL (Volt)	1	21000
	2	20500
	3	20000
	4	19500
	5	19000
	6	18500
	7	18000
ARUS PENGENAL (Ampere)	7.217	360.8
TEGANGAN HUBUNG SINGKAT	%	4.0
RUGI TANPA BEBAN/RUGI BERBEBAN	Watt	420 / 2750
BAHAN BELITAN PRIMER - SEKUNDER	Cu - Al	
JENIS MINYAK	MINERAL	
CARA PENDINGINAN	ONAN	
KENAIKAN SUHU MINYAK/KUMPARAN	K	50 / 55
TINGKAT ISOLASI DASAR	kV	125
VOLUME MINYAK	275	Liter
BERAT TOTAL	1140	kg

MI NOTE 9 PRO

LMKO

Nameplate Transfromator KRGK 0136 Sesudah Uprating Transformator

Tabel .Klasifikasi Transformator KRGK 0136 Sesudah Uprating
Transformator

No	Name Plate KRGK 0136 sesudah uprating transformator	
1.	No. Seri	15037075
2.	Merk	SINTRA
3.	Tahun Pembuatan	2007
4.	Frekuensi	50 Hz
5.	Daya	250 Kva
6.	Tegangan Primer	20.000 V
7.	Tegangan Sekunder	400/231 V
8.	Arus Primer	5,77 A
9.	Arus Sekunder	288,68 A
10.	Berat Total	1140 kg
11.	Impedansi	4.13 %
12.	Pendingin	ONAN
13.	Vektor group	Dyn5
14.	Phasa	3 Phasa
15.	Standard	D3.002-1:2007
16.	Temperatur oil	50/55

m	n	Jurusan	Hasil Pengukuran										Tegangan			Total Beban Trafo		KETERANGAN PEMBEBANAN GARDU UNTUK PEMELIHARAAN	
			R	S	T	N	T		S		N		P-N	P-P	kVA	%			
			Amp	%	Amp	%	Amp	%	Amp	%	Amp	%	Amp	%	Volt	Volt			
NY	50	A	71,0	25%	84,0	29%	43,0	15%	48,0	17%	399	399	45,34	23%					
NY	50	B	42,0	15%	8,0	3%	27,0	9%	30,0	10%	229	402	17,63	9%					Phs R,Over Load / Ratakan Beban
NY	70	C	150,0	52%	158,0	55%	171,0	59%	37,0	13%	230	398	110,17	55%					Phs S, Over Load / Ratakan Beban
NY	70	D	12,0	4%	19,0	7%	44,0	15%	33,0	11%	229	399	17,18	9%					Phs T,Over Load / Ratakan Beban
0	0	E	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	229	402	0,00	0%					
NY	150	TOTAL	275	95%	269	93%	285	99%	148	51%	229	400	190	95,06%					OVER LOAD TOTAL

Pengukuran Beban Sebelum *Uprating* Transformator

m	n	Puding Trafo		JurusanTR										Hasil Pengukuran			Tegangan			Total Beban Trafo		KETERANGAN PEMBEBANAN GARDU UNTUK PENELIHARAAN
		P	%	Q	R	S	%	T	%	U	V	%	W	X	%	Y	Z	aa				
																			Amp	Amp	Amp	
NY	50	73,0	25%	79,0	27%	41,0	14%	49,0	17%	49,0	17%	229	399	399	44,20	22%	Phs R,Over Load / Ratahan Beban					
NY	50	45,0	16%	8,0	3%	24,0	8%	45,0	16%	45,0	16%	229	402	402	17,63	9%	NORMAL					
NY	70	138,0	48%	153,0	53%	157,0	54%	34,0	12%	34,0	12%	230	398	398	103,04	52%	Phs T,Over Load / Ratahan Beban					
NY	70	8,0	3%	19,0	7%	55,0	19%	39,0	13%	39,0	13%	229	399	399	18,78	9%						
0	0	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	229	402	402	0,00	0%						
NY	150	264	91%	259	90%	277	96%	167	58%	167	58%	229	400	400	183	73,00%	NORMAL					

Pengukuran Beban Sesudah *Uprating* Transformator