

**PERKIRAAN SUSUT UMUR TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 kV
AKIBAT PEMBEBANAN LEBIH**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh:

ALFA HIDAYATULLAH

1410017111015



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG
2019**

LEMBARAN PENGESAHAN
PERKIRAAN SUSUT UMUR TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 kV
AKIBAT PEMBEBANAN LEBIH

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S-1)
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta

Oleh :

ALFA HIDAYATULLAH
1410017111015

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Cahayahati, M.T.

NIK : 930 500 331

Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc.EE.

NIK : 201 810 683

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,

Dr. Hidayat, S.T. M.T.,IPM.

NIK : 960 700 420

Ir. Yani Ridal, M.T.

NIK : 910 300 329

PERSETUJUAN PENGUJI
PERKIRAAN SUSUT UMUR TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 kV
AKIBAT PEMBEBANAN LEBIH

SKRIPSI

ALFA HIDAYATULLAH

1410017111015

Dipertahankan di depan Penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang
Hari: Senin, Tanggal: 18 Februari 2019

No	Nama	Tanda Tangan
1.	<u>Ir. Yani Ridal, M.T.</u> (Ketua)
2.	<u>Ir. Arnita, M.T.</u> (Penguji)
3.	<u>Ir. Arzul, M.T.</u> (Penguji)
4.	<u>Ir. Cahayahati, M.T.</u> (Pembimbing)

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul ***“Perkiraan Susut Umur Transformator Distribusi 20 kV Akibat Pembebanan Lebih”***. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyelesaikan laporan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

- Bapak Ir. Cahayahati, M.T. (Pembimbing I)
- Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc.EE. (Pembimbing II)

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga laporan ini dapat diselesaikan.

1. Bapak Dr. Hidayat, S.T, M.T.,IPM selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
2. Bapak Ir. Yani Ridal, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta, sekaligus Penasehat Akademis.
3. Bapak/Ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Seluruh teman-teman Teknik Elektro angkatan 2014 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini.

5. Teristimewa kepada kedua orang tua yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayangnya hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam melakukan penulisan skripsi ini, namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang akan membangun, penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga jasa baik yang telah diberikan semua pihak mendapat balasan setimpal dari pada-Nya, Amin.

Padang, Februari 2019

Penulis

INTISARI

Pada suatu sistem tenaga listrik tidak terlepas dari yang namanya transformator distribusi. Transformator distribusi mempunyai peran penting dalam meyalurkan daya listrik tegangan menengah 20 kV ke tegangan rendah 380/220 V untuk kebutuhan para konsumen. Pembebanan yang berlebihan dapat memperburuk suatu transformator karena disebabkan oleh panas, agar transformator dapat beroperasi dengan baik sesuai waktu yang diharapkan 20 tahun maka pemasangan dan pemeliharaan transformator harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Perkiraan umur transformator distribusi yang berada pada Rayon Belanti rata-rata umurnya masih dalam keadaan normal yaitu 20 tahun. Pada tahun 2018 beban terbesar terdapat pada feeder DPR, Jl. S. Parman PLN Area gardu G 071 C dengan beban sebesar 104,6% suhu lilitan 102,5°C perkiraan susut umur dalam 24 jam adalah 42 jam dan sisa umur hanya 10,85 tahun. Diharapkan transformator yang terpasang pada gardu tersebut dapat diganti dengan daya 160 kVA agar transformator dapat tercegah dari kerusakan.

Kata kunci : transformator distribusi, beban, suhu lilitan, susut umur, sisa umur.

ABSTRACT

In an electric power system, the distribution transformer is inseparable. Distribution transformers have an important role in channeling 20 kV medium voltage power to low voltage 380/220 V for the needs of consumers. Excessive loading can aggravate a transformer because it is caused by heat, so that the transformer can operate properly with the expected time of 20 years, the installation and maintenance of the transformer must be in accordance with established standards. Estimated age of distribution transformers in Rayon Belanti, the average age is still normal, which is 20 years. In 2018 the biggest burden is on the DPR feeder, S. Parman.St G 071 C substation with a load of 104.6% winding temperature 102.5 °C estimated life span in 24 hours is 42 hours and the remaining age is only 10.85 years. It is expected that the transformer installed on the substation can be replaced with 160 kVA so that the transformer can be prevented from damage.

Keywords : distribution transformer, load, winding temperature, aging, remaining life.

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN

PERSETUJUAN PENGUJI

KATA PENGANTAR

INTISARI

ABSTRACT

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR NOTASI

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan Penelitian	I-3
1.4. Batasan Masalah	I-3
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
1.6. Sistematika Penulisan	I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Penelitian	II-1
2.2. Landasan Teori	II-3
2.2.1. Transformator	II-3
2.2.2. Prinsip Kerja Transformator	II-4
2.2.3. Jenis-Jenis Transformator	II-7
2.2.4. Bagian-Bagian Transformator	II-9
2.2.5. Macam-Macam Hubungan Transformator	II-15
2.2.6. Rugi-Rugi dan Efisiensi Transformator	II-20

2.2.7. Pemeliharaan Transformator	II-24
2.2.8. Gangguan dan Kerusakan Transformator	II-24
2.2.9. Susut Umur Transformator	II-25
2.2.10. Perhitungan Perkiraan Susut Umur Transformator	II-26
2.3.Hipotesis	II-28

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan Penelitian	III-1
3.1.1. Alat Penelitian	III-1
3.1.2. Bahan Penelitian	III-2
3.2. Alur Penelitian	III-3
3.3. Deskripsi Sistem dan Analisis	III-5
3.3.1. Lokasi penelitian	III-5
3.3.2. Pengaruh pembebanan pada transformator	III-6
3.3.3. Kenaikkan suhu	III-6

BAB 4 PERHITUNGAN DAN ANALISIS

4.1. Deskripsi Penelitian	IV-1
4.2. Single Line Diagram Rayon Belanti	IV-1
4.3. Pengumpulan Data	IV-6
4.4. Perhitungan dan Analisis	IV-8
4.4.1. Perhitungan susut umur tahun 2017	IV-9
4.4.2. Perhitungan susut umur tahun 2018	IV-15
4.5. Pembahasan	IV-21

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN I

LAMPIRAN II

LAMPIRAN III

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
2.1. Susut umur transformator akibat kenaikan suhu	II-26
4.1. Data beban transformator distribusi 20 kV tahun 2017	IV-7
4.2. Data beban transformator distribusi 20 kV tahun 2018	IV-7
4.3. Tahun operasional transformator distribusi Rayon Belanti	IV-8
4.4. Perkiraan susut umur transformator tahun 2017	IV-21
4.5. Perkiraan susut umur transformator tahun 2018	IV-21

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
2.1. Prinsip kerja transformator	II-6
2.2. Transformator berbeban	II-7
2.3. Transformator 3 phasa hubungan Y-Y	II-18
2.4. Transformator 3 phasa hubungan (Δ - Δ)	II-19
2.5. Transformator 3 phasa hubungan (Y- Δ)	II-20
2.6. Transformator 3 phasa hubungan (Δ -Y)	II-21
2.7. Transformator 3 phasa hubungan zid-zag	II-22
2.8. Diagram rugi-rugi pada transformator	II-24
3.1. Alur penelitian	III-3
4.1. Single line diagram Rayon Belanti	IV-2
4.2. Single line diagram feeder Sudirman	IV-3
4.3. Single line diagram feeder DPR	IV-3
4.4. Single line diagram feeder Ulak Karang	IV-4
4.5. Single line diagram feeder Wahidin	IV-5
4.6. Single line diagram feeder Raden Salah	IV-5
4.7. Single line diagram feeder Simpang Enam	IV-6
4.8. Grafik susut umur transformator distribusi	IV-22

DAFTAR NOTASI

S	: Daya Semu (VA)
V	: Tegangan (V)
I	: Arus (A)
I_{FL}	: Arus Beban Penuh (A)
I_{rata-rata}	: Arus Rata-Rata (A)
I_p	: Kuat arus kumparan primer (A)
I_s	: Kuat arus kumparan sekunder (A)
V_p	: Tegangan kumparan primer (V)
V_s	: Tegangan kumparan sekunder (V)
N_p	: Jumlah lilitan kumparan primer
N_s	: Jumlah lilitan kumparan sekunder
IL	: Arus line to line
I_p	: Arus phasa
P_{cu}	: Rugi tembaga (Watt)
P_h	: Rugi histeresis (Watt)
B_m	: Fluks density maksimum (Tesla)
K_h	: Konstanta histeresis
f	: Frekuensi (Hz)
P_e	: Rugi arus eddy (Watt)
K_e	: Konstanta arus eddy
I_{sc}	: Arus hubung singkat (A)
%Z	: Persen impedansi transformator
N_s	: Jumlah belitan pada sisi sekunder
d∅/dt	: Perubahan fluks terhadap waktu
P_p	: Daya kumparan primer (W)
P_s	: Daya kumparan sekunder (W)
η	: Efisiensi transformator

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fungsi utama sistem tenaga listrik adalah untuk memenuhi kebutuhan energi listrik setiap konsumen secara terus menerus. Sebelum tenaga listrik disalurkan ke konsumen dari pusat pembangkit tenaga listrik, terlebih dahulu transformator yang terdapat di gardu induk maupun di gardu distribusi. Transformator adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang dapat menjaga agar kebutuhan listrik masyarakat dapat terpenuhi secara terus menerus.

Transformator merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan atau mengubah energi listrik dari suatu nilai tegangan ke nilai tegangan lainnya. Transformator merupakan peralatan listrik yang penting karena berhubungan langsung dengan saluran transmisi dan distribusi listrik ke konsumen. Oleh karena itu, transformator harus dipelihara dan diuji kelayakan operasinya agar dapat beroperasi secara maksimal dan jauh dari gangguan-gangguan yang dapat mengakibatkan kegagalan operasi pada transformator.

Karena transformator merupakan asset yang mahal, penggantian transformator untuk meningkatkan keandalan sistem secara ekonomis bukan pilihan yang tepat. Kerusakan pada transformator menyebabkan kontinuitas pendistribusian tenaga listrik ke konsumen akan terganggu atau terjadi pemadaman. Pemadaman merupakan suatu kerugian yang menyebabkan penurunan kWh terjual. Mengingat lamanya waktu pemulihan gangguan pada transformator maka diperlukan upaya preventif untuk mencegah terjadinya kerugian yang besar akibat daya yang tidak tersalurkan akibat gangguan transformator.

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisi suatu transformator distribusi. Salah satu penyebab kerusakan atau susut umur transformator adalah

akibat pengaruh pembebanan. Pembebanan mengakibatkan peningkatan temperatur yang menimbulkan panas pada transformator. Panas mengakibatkan terjadinya penguraian dari bahan-bahan transformator yang dapat mempercepat proses penuaan suatu transformator.

Pada saat ini dengan adanya perubahan dan peningkatan beban, transformator distribusi yang sudah mengalami pembebanan berlebihan mengakibatkan peningkatan suhu transformator yang berlebihan bahkan bisa sampai melewati batas toleransi yang ada. Jika kondisi operasi seperti ini terus berlangsung dan tidak diperkirakan atau tidak diatasi, suatu waktu komponen-komponen transformator akan sampai pada batas ketahanan dan nilai keamanan yang diizinkan. Pada akhirnya terjadi gangguan akibat kerusakan transformator secara tiba-tiba seperti transformator yang terbakar atau meledak.

Pada penelitian ini akan membahas tentang susut umur transformator distribusi yang berada pada Rayon Belanti. Berdasarkan panas pada suhu lilitan yang ditimbulkan akibat pembebanan dari suatu transformator maka dapat dilakukan analisa untuk memperkirakan susut umur dari transformator tersebut. Dengan demikian dapat dilakukan langkah-langkah untuk mencegah terjadinya kerusakan pada transformator.

1.2. Rumusan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan terfokus pada objek penelitian, maka penulis merumuskan masalah yang ada. Jenis transformator yang akan di bahas adalah transformator distribusi. Apa dampak jika transformator dibebani 100%, bagaimana cara memperkirakan susut umur transformator yang disebabkan oleh pembebanan lebih.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pembebanan terhadap susut umur transformator distribusi 20 kV yang berada pada Rayon Belanti. Mengetahui suhu lilitan transformator pada saat dibeban siang dan malam. Mengetahui susut umur transformator selama satu hari satu malam serta sisa umur transformator.

1.4. Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang telah ditentukan maka penulis akan membatasi masalah yang membahas tentang pengaruh pembebanan terhadap umur transformator distribusi. Bagaimana cara menganalisa umur transformator, berapa besar pengaruh pembebanan transformator jika di bebani $\geq 80\%$. Pada penelitian ini penulis hanya menghitung susut umur transformator berdasarkan suhu lilitan pada transformator akibat pembebanan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambah pemahaman dan ilmu pengetahuan khususnya pada transformator. Dengan di lakukan penelitian tersebut di harapkan dapat di gunakan sebagai acuan untuk masalah yang terjadi di lapangan dengan melihat teori dan kejadian real. Dapat mengetahui berapa suhu transformator distribusi pada saat dibebani kemudian dapat menghitung susut umur transformator distribusi selama 24 jam. Berguna untuk peneliti selanjutnya sebagai sumber referensi agar ilmu yang di dapat setelah penelitian dapat dilihat sebagai acuan.

1.6. Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang penelitian-penelitian sebelumnya, teori-teori yang melandasi pokok permasalahan yang akan dibahas diantaranya teori transformator, prinsip kerja dari transformator, jenis-jenis transformator, bagian-bagian transformator, proteksi pada transformator, macam-macam hubungan pada transformator, rugi-rugi dan efisiensi transformator, susut umur dan perhitungan perkiraan sisa umur transformator. Dan juga menjelaskan pernyataan sementara atau dugaan menjawab permasalahan yang dibuktikan pada penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan, menjelaskan tahapan-tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart*, gambaran sistem analisa yang akan diteliti.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan deskripsi penelitian, gambar single line diagram, data-data penelitian, perhitungan suhu belitan pada saat siang dan malam hari, menghitung dan menganalisa susut umur transformator distribusi 20 kV yang berada pada rayon Belanti.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa data dan juga berisi saran-saran untuk penelitian selanjutnya.