



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**ANALISA ESTIMASI SISA UMUR *UNIT AUXILIARY*
TRANSFORMER TERHADAP PROFIL BEBAN
DI PLTU ABC**

SKRIPSI

Oleh :

IHWAN SYAHRONI

NIM.2202421035

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



ANALISA ESTIMASI SISA UMUR *UNIT AUXILIARY* TRANSFORMER TERHADAP PROFIL BEBAN DI PLTU ABC

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi,
Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

IHWAN SYAHRONI

NIM.2202421035

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI 2026**



"Skripsi ini kupersembahkan untuk ayah ibu, bangsa dan almamater."

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISA ESTIMASI SISA UMUR *UNIT AUXILIARY TRANSFORMER* TERHADAP PROFIL BEBAN DI PLTU ABC

Oleh:

Ihwan Syahrani

NIM. 2202421035

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Ir. Benhur Nainggolan, M.T.

NIP. 196106251990031003

Pembimbing 2

P. Jannus, S.T, M.T.

NIP. 196304261988031004

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.

NIP. 196605191990031002



Hak Cipta :

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

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISA ESTIMASI SISA UMUR *UNIT AUXILIARY TRANSFORMER* TERHADAP PROFIL BEBAN DI PLTU ABC

Oleh:

Ihwan Syahrani

NIM. 2202421035

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 14 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	P. Jannus, S.T, M.T. NIP. 196304261988031004	Ketua		22/7/2026
2.	Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP. 196605191990031002	Penguji 1		21/7/2026
3.	Idrus Assagaf, S.T., M.T. NIP. 196811042000121001	Penguji 2		21 Juli 2026

Depok, 24 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zamuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ihwan Syahroni

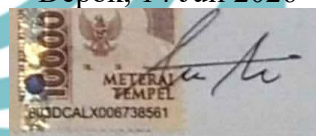
NIM : 2202421035

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 14 Juli 2026



Ihwan Syahroni
NIM. 2202421035

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

ANALISA ESTIMASI SISA UMUR *UNIT AUXILIARY TRANSFORMER* TERHADAP PROFIL BEBAN DI PLTU ABC

Ihwan Syahroni^{1)*}, Benhur Nainggolan^{1)*}, P. Jannus¹⁾

¹Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

*Email: ihwan.syahroni.tm22@pnj.ac.id, benhur.nainggolan@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Unit Auxiliary Transformer (UAT) memiliki peran krusial dalam menyuplai energi listrik untuk peralatan bantu pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) secara kontinu. Pengoperasian yang terus-menerus dengan beban yang berfluktuasi menimbulkan rugi-rugi daya berupa energi termal yang dapat meningkatkan temperatur *hot-spot* belitan, mempercepat penuaan isolasi, dan mengurangi masa guna transformator. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh profil pembebanan terhadap temperatur *hot-spot* serta mengestimasi laju percepatan penuaan isolasi dan sisa umur operasional UAT berkapasitas 45 MVA di PLTU ABC. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan melakukan pengolahan data operasional aktual per jam mengacu pada standar IEEE C57.91 dan IEC 60076-7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban harian UAT berfluktuasi pada kategori rendah antara 22,86 MVA hingga 26,13 MVA dengan rasio pembebanan berkisar antara 0,508 hingga 0,581. Fluktuasi beban tersebut berkorelasi positif dengan pergerakan temperatur *hot-spot* yang bergerak di rentang 61,82°C hingga 67,81°C. Berdasarkan temperatur *hot-spot* aktual tersebut, nilai percepatan penuaan isolasi harian berada di rentang 0,0036 hingga 0,0078 jauh di bawah nilai penuaan normal yaitu 1. Nilai persentase penurunan masa guna isolasi (*Loss of Life*) diperoleh sebesar 0,00018% per hari atau 0,0657% per tahun. Dapat disimpulkan bahwa *Unit Auxiliary Transformer* di PLTU ABC saat ini beroperasi dalam kondisi termal yang sangat aman dengan laju degradasi isolasi yang sangat lambat, sehingga sisa umur operasional nyata isolasi secara teoritis dapat bertahan jauh melampaui umur desain nominalnya.

Kata Kunci: *Unit Auxiliary Transformer, Profil Beban, Temperatur Hot-Spot, Penuaan Isolasi, Sisa Umur.*



Hak Cipta :

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

ANALYSIS OF THE ESTIMATED REMAINING LIFE OF AN AUXILIARY TRANSFORMER BASED ON THE LOAD PROFILE AT ABC COAL FIRED POWER PLANT

Ihwan Syahroni^{1)*}, Benhur Nainggolan^{1)*}, P. Jannus¹⁾

¹ Study Program of Bachelor of Applied Energy Generation Engineering Technology, Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16425, Indonesia

*Email: ihwan.syahroni.tm22@pnj.ac.id, benhur.nainggolan@mesin.pnj.ac.id.

ABSTRACT

The Unit Auxiliary Transformer (UAT) plays a crucial role in continuously supplying electrical energy to auxiliary equipment in a Coal-Fired Power Plant (PLTU) system. Continuous operation under fluctuating loads generates power losses in the form of thermal energy, which can increase the winding hot-spot temperature, accelerate insulation aging, and reduce the transformer's lifespan. This study aims to analyze the effect of the loading profile on the hot-spot temperature and estimate the insulation aging acceleration rate as well as the remaining useful life of a 45 MVA UAT at PLTU ABC. The research method applied is descriptive quantitative by processing hourly actual operational data referencing the IEEE C57.91 and IEC 60076-7 standards. The results indicate that the daily load of the UAT fluctuates within a low category between 22.86 MVA and 26.13 MVA, with a loading ratio ranging from 0.508 to 0.581. These load fluctuations positively correlate with the hot-spot temperature movement, which ranges from 61.82°C to 67.81°C. Based on the actual hot-spot temperature, the daily Aging Acceleration Factor (F_{AA}) ranges between 0.0036 and 0.0078 (well below the normal aging rate value of 1). The calculated percentage of daily insulation Loss of Life (LOL) is 0.00018% per day or 0.0657% per year. In conclusion, the Unit Auxiliary Transformer at PLTU ABC currently operates under highly safe thermal conditions with an extremely slow insulation degradation rate, allowing the theoretical remaining operational life of the insulation to extend far beyond its nominal design life.

Keywords: Unit Auxiliary Transformer, Load Profile, Hot-Spot Temperature, Insulation Aging, Remaining Useful Life.

Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat ALLAH SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisa Estimasi Sisa Umur Unit Auxiliary Transformer Terhadap Profil Beban di PLTU ABC**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Ir.Benhur Nainggolan, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang sudah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak P. Jannus S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Kedua orang tua Bapak Hasan dan Ibu Ayanah yang sangat saya cintai, penulis mengucapkan terima kasih banyak atas didikan, arahan serta dukungan penuh baik moral maupun finansial selama saya menjalankan kewajiban studi sejak pendidikan dini hingga pendidikan tinggi.
6. Kakak penulis Ulmi Hanifah yang turut memberikan wejangan saat penulis merasa gagal dan semangat serta finansial membantu selama berkuliah.
7. Bapak Rizal dan Bapak Agus Kurniawan yang telah membantu memberikan arahan selama masa penelitian di Industri.
8. Abu Ahnaf selaku teman seperjuangan penulis yang telah memberikan dorongan semangat untuk bimbingan dan sidang dan membantu selama 4 tahun kuliah.
9. Akbar M.Reza, Tomo, Rafli selaku teman selama penulis melaksanakan penelitian di Industri.
10. Kepada teman-teman PKB yang selalu memberikan semangatnya untuk menyelesaikan skripsi ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang pembangkit tenaga listrik.

Depok, 14 Juli 2026

Ihwan Syahroni
2202421035





Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRAC.....	vii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Pertanyaan Peneliti	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 PLTU	6
2.1.2 Transformator	7
2.1.3 Komponen Transformator	9
2.1.4 Pendinginan Transformator	12
2.1.5 Unit Auxiliary Transformer.....	14
2.1.6 Rugi-Rugi Transformator	15
2.1.7 Temperatur <i>Hot-Spot</i> Transformator.	18
2.1.8 Umur dan Penuaan Isolasi Transformator.....	21
2.2 Kajian Litelatur.....	23
2.3 Kerangka Pemikiran.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Jenis Penelitian	28
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	28



Hak Cipta :

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

3.2 Objek Penelitian	29
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	30
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	30
3.5 Metode Pengumpulan Data	30
3.6 Metode Analisa Data	31
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Penelitian.....	32
4.1.1 Data Spesifikasi.....	32
4.1.2 Data Pembebanan Unit Auxiliary Transformer (UAT)	32
4.1.3 Perhitungan Temperatur Hot-spot dan Percepatan Penuaan isolasi	34
4.2 Pembahasan Penelitian.....	37
4.2.1 Analisa Pengaruh Beban Terhadap Temperatur <i>Hot-Spot</i>	37
4.2.2 Analisa Pengaruh Temperatur <i>Hot-Spot</i> Terhadap Percepatan Penuaan Isolasi	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	44



Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTU	6
Gambar 2. 2 Skema Transformator di PLTU	7
Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Transformator	8
Gambar 2. 4 Inti Besi	10
Gambar 2. 5 Kumparan	10
Gambar 2. 6 Bushing	11
Gambar 2. 7 Tangki dan Konservator	12
Gambar 2. 8 Tipe Pendingin Transformator (a) ONAN (b) ONAF	13
Gambar 2. 9 Karakteristik internal temperatur transformator	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4. 1 Grafik Profil Beban terhadap Temperatur Hot-Spot	37
Gambar 4. 2 Grafik Temperatur Hot-Spot Terhadap Percepatan Penuaan Isolasi	38
Gambar 4. 3 Grafik Profil Beban Terhadap FAA	39

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi sistem pendingin pada media dan cara sirkulasinya	14
Tabel 2. 2 Faktor H dan Konstanta.....	20
Tabel 2. 3 Perbandingan Percepatan Penuaan Isolasi	21
Tabel 4. 1 Spesifikasi Unit Auxiliary Transformer	32
Tabel 4. 2 Data Pembebanan 7 April.....	33
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Temperatur Hot-Spot dan FAA.....	35





Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin meningkat dan berperan sebagai kebutuhan utama dalam menunjang aktivitas kehidupan masyarakat. Hal ini seiring dengan pesatnya pembangunan pada bidang teknologi dan industri (Laksana & Ulitua Silaban, 2024). Pada Siaran Pers Capaian Positif Tahun 2025 Jum'at (9/1/26) Menteri ESDM Bahlil Lahadilia, berbicara “Konsumsi listrik perkapita masyarakat Indonesia mencapai 1.584 kWh atau 108,2% dari target 1.464 kWh. Angka tersebut naik dari capaian tahun 2024 sebesar 1.411 kWh” (Gita Lestari, 2026). Kondisi tersebut menegaskan perusahaan pembangkit tenaga listrik memiliki peran strategis dalam menjamin ketersediaan dan keandalan pasokan energi listrik.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik tersebut, Indonesia memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah, salah satunya batu bara, sebagai bahan bakar utama dalam proses pembangkitan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menjadi salah satu jenis pembangkit yang masih dominan digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Pada sistem PLTU, batu bara sebagai bahan bakar untuk memanaskan air di dalam boiler untuk menghasilkan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi, yang kemudian digunakan untuk memutar turbin uap yang terkopel dengan generator sehingga menghasilkan energi listrik (Hanafi & Yayan Sukma, 2023).

Energi listrik yang dihasilkan oleh generator umumnya memiliki tingkat tegangan yang belum sesuai dengan kebutuhan sistem penyaluran maupun distribusi. Oleh karena itu, diperlukan peralatan yang mampu menyesuaikan tingkat tegangan tanpa mengubah frekuensi sistem yaitu Transformator. Transformator merupakan peralatan listrik statis yang berfungsi mengubah tingkat tegangan arus bolak-balik tanpa mengubah frekuensi sistem. Salah satu transformator yang memiliki peran penting dalam sistem pembangkit adalah *Unit Auxiliary Transformer* (UAT), yang mengambil daya listrik dari keluaran generator lalu



Hak Cipta :

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

diturunkan tegangannya untuk menyuplai peralatan bantu pembangkit seperti kipas, motor listrik, sistem kontrol dan sistem pencahayaan agar unit pembangkit dapat beroperasi (Pebrianty dkk., 2022).

Unit Auxiliary Transformer (UAT) beroperasi secara terus-menerus untuk menyuplai kebutuhan internal pembangkit, sehingga menyebabkan timbulnya rugi-rugi daya yang berubah menjadi panas dan meningkatnya temperatur minyak di dalam transformator. Semakin besar beban yang disuplai, maka semakin besar pula rugi-rugi yang dihasilkan dan berakibat pada kenaikan temperatur minyak. Peningkatan temperatur minyak, khususnya pada titik *hot-spot*, dapat mempercepat proses penuaan isolasi sesuai dengan prinsip *Arrhenius*, sehingga berdampak pada penyusutan umur pakai transformator (Maruf dkk., 2021).

Dengan demikian profil beban aktual memiliki pengaruh terhadap penyusutan umur transformator melalui peningkatan temperatur minyak akibat dari rugi rugi daya yang terjadi. Apabila tidak dianalisis dengan baik, maka berpotensi menimbulkan risiko penurunan keandalan peralatan hingga gangguan operasional pembangkit. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mengkaji pengaruh profil beban terhadap laju penuaan isolasi serta mengidentifikasi sisa umur unit auxiliary transformer berdasarkan data operasional aktual. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dalam pengoperasian, pemeliharaan serta manajemen aset *unit auxiliary transformer*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan dalam penelitian ini :

1. Bagaimana pengaruh profil beban terhadap temperatur *hot-spot unit auxiliary transformer*?
2. Bagaimana pengaruh temperatur *hot-spot* terhadap percepatan penuaan isolasi dan estimasi sisa umur *unit auxiliary transformer*?

Adapun agar penelitian tidak meluas jauh dari pembahasan, Pembatasan masalah perlu dilakukan agar tujuan penelitian dapat dicapai. Berikut batasan masalah pada penelitian ini:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

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

1. Penelitian dilakukan pada *Unit Auxiliary Transformer (UAT)* pada 1 unit pembangkit.
2. Analisis dalam penelitian ini dibatasi pada perhitungan susut umur *Unit Auxiliary Transformer (UAT)* dengan mengacu pada standar IEEE Std C57.91 dan IEC 60076-7: *Loading Guide for Power Transformer*.
3. Analisis dilakukan berdasarkan data operasi *Unit Auxiliary Transformer (UAT)* tanpa membahas pengujian laboratorium seperti *Dissolved Gas Analysis (DGA)* atau *Degree of Polymerization (DP)*.

1.3 Pertanyaan Peneliti

1. Seberapa besar pengaruh beban terhadap temperatur *hot-spot unit auxiliary transformer*?
2. Berapa persen penurunan masa guna isolasi *unit auxiliary transformer*?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah maka tujuan penelitian dalam penelitian ini:

1. Menganalisis pengaruh profil beban terhadap temperatur hot-spot pada *unit auxiliary transformer*.
2. Menganalisis pengaruh hot-spot terhadap percepatan penuaan isolasi dan mengidentifikasi estimasi sisa umur *unit auxiliary transformer*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini:

1. Bagi Mahasiswa
 Penelitian ini membantu mahasiswa dalam memahami pentingnya estimasi sisa umur transformator, khususnya melalui profil beban. Mahasiswa dapat menerapkan teknik analisis terhadap data operasional transformator, sehingga mampu menilai kehilangan umur serta memperkirakan sisa umur operasional transformator.
2. Bagi Perguruan Tinggi Negeri
 Penelitian ini dapat menjadi referensi tambahan dalam pengembangan kurikulum, khususnya pada mata kuliah yang berkaitan dengan transformator



Hak Cipta :

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

daya, manajemen aset peralatan listrik, serta manajemen pemeliharaan pada pembangkit listrik. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi bagi penelitian lanjutan oleh mahasiswa lain yang ingin mempelajari evaluasi kondisi operasional transformator dan kajian mengenai umur operasional pada transformator pembangkit.

3. Bagi Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi operasional transformator berdasarkan profil beban serta estimasi sisa umur operasionalnya, sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan pemeliharaan dan pengelolaan aset transformator di lingkungan pembangkit tenaga listrik.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

A. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bagian awal penelitian yang menguraikan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan secara keseluruhan.

B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini merupakan bab tinjauan pustaka yang berguna untuk memaparkan dasar teori yang digunakan dalam penelitian skripsi ini. Landasan teori serta kajian literatur yang digunakan didapatkan dari jurnal, buku, manual book, serta informasi kredibel dari internet.

C. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini merupakan bagian penulis akan memaparkan sumber data penelitian, cara pengumpulan data, serta metode apa yang digunakan dalam analisis data.

D. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan bagian yang membahas pengolahan data yang telah diperoleh dari berbagai sumber. Melalui proses pengolahan data tersebut, hasil penelitian diharapkan dapat tersaji secara sistematis dan komprehensif.

E. BAB V PENUTUP



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Bab ini merupakan bagian yang berisi kesimpulan yang didapatkan dari penelitian dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian.



Hak Cipta :

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai estimasi sisa umur *Unit Auxiliary Transformer* (UAT) terhadap profil beban di PLTU ABC, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Profil pembebanan harian *Unit Auxiliary Transformer* (UAT) berfluktuasi dengan kategori rendah di bawah kapasitas nominalnya sebesar 45 MVA, yaitu berkisar antara 22,86 MVA hingga 26,13 MVA dengan rasio pembebanan berkisar antara 0,508 hingga 0,581. Fluktuasi beban ini berbanding lurus dan berpengaruh langsung terhadap temperatur *hot-spot* transformator.
2. Temperatur *hot-spot* aktual UAT yang berada pada kisaran 61,82°C hingga 67,81°C masih jauh di bawah batas acuan 110°C berdasarkan standar IEEE C57.91. Kondisi tersebut menghasilkan nilai faktor percepatan penuaan (F_{AA}) yang sangat rendah, yaitu antara 0,0036 hingga 0,0078 dengan persentase penurunan masa guna sebesar 0,00018%. hal ini menunjukkan bahwa secara teoritis isolasi transformator berada dalam kondisi yang aman dan memiliki sisa umur operasional yang panjang.

5.2 Saran

Untuk mengoptimalkan pemeliharaan serta pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan: Manajemen aset dapat mengoptimalkan efisiensi jadwal pemeliharaan berkala UAT, memanfaatkan kondisi pembebanan yang rendah (*underloaded*) dan laju degradasi isolasi yang lambat..
2. Bagi Penelitian Selanjutnya: Mengombinasikan analisis susut umur termal ini dengan uji laboratorium (DGA, DP, dan Furan) untuk mendapatkan validasi kelayakan fisik isolasi kertas dan minyak transformator secara menyeluruh.



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman Roliansyah, M., & Wijaya Putra, R. (2024). Efisiensi Transformator 60 MVA Di PT PLN Indonesia Power Pada Unit Bisnis Pembangkitan Keramasan Unit Pembangkit Indralaya. *Seminar Nasional AVoER 16 Palembang*.
- Adami, R. A., Irianto, C. G., Sari, T. K., & Kasim, I. (2024). Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Dan Susut Umur Transformator Kering 630 KVA Di Moda Raya Terpadu Jakarta. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 26(4), 185–191.
<https://doi.org/10.14710/transmisi.26.4.185-191>
- Ali, M., & Fahreza, F. K. (2024). *The Unit Auxiliary Transformer Analysis By Dissolve Gas Analysis and Breakdown Voltage Test*. *Jurnal Edukasi Elektro*, 8(2).
<https://doi.org/10.21831/jee.v8i2.72759>
- Aris Risnandar, M., Faridah, L., & Nurdiansyah, R. (2022). Analisis Rugi Daya Trafo Distribusi Pada Penyulang Tamansari Kota Tasikmalaya. *Jurnal Of Energi And Electrical Engineering* (Vol. 13, Nomor 1).
- Dewanto. (2011). Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Masa Guna Dan Pembebanan Darurat Transformator Daya.
- Dwi Ramona Diningsih, Situmeang, U., & Zulfahri. (2022). Studi Pengaruh Pembebanan Terhadap Umur Transformator Daya #1 150/20 KV Pada Gardu Induk Teluk Lembu PT. PLN (Persero) UPT Pekanbaru. *SainETIn : Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 7(1), 1–6.
<https://doi.org/10.31849/sainetin.v7i1.6223>
- Fitzgerald, A. E. ., Kingsley, Charles., & Umans, S. D. . (2003). *Electric machinery*. McGraw-Hill.
- Gani Setiawan, F., & Apridianti Melkias, A. (2022). Analisis Turbin Uap Unit 1 Di Cirebon Power.
- Gita Lestari. (2026). Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Capaian Positif Tahun 2025, Negara Hadir Penuhi Kebutuhan Energi Masyarakat.
- Hanafi, F. M., & Yayan Sukma, D. (2023). Perbaikan Keandalan PLTU Tembilahan dengan Penambahan Kapasitas Pembangkit.
- Hasibuan, A., & Zaini Hasibuan, A. (2019). Simulasi Analisis Aliran Daya Sub Sistem Aceh 150 KV Menggunakan Software Powerlord. *JESCE*, 3(1).



Hak Cipta :

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

- Hermawan, A., Sutjipto, R., Hidayat, S. I., & Suryaningtyas, F. B. (2020). Studi Pengaruh Pembebanan sebagai Dasar Scheduling Maintenance untuk Meminimalisir Susut Umur Transformator 1 GI Blimbing. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 7(3).
- Igirisa, Y., Mohamad, Y. (2021). Analisis Perkiraan Umur Trafo Tenaga 150kV Di GI Isimu. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*
- IEEE C57.91-2025. *Guide for Loading Mineral Oil-Immersed Transformers and Step-Voltage Regulators*.
- IEC 60076-7 2018. *Loading Guide for Power Transformer*.
- Laksana, A., & Ulitua Silaban, R. M. (2024). Karakteristik Besaran Listrik Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya RoofTop 3300 WP
- Lubab, A. T. (2026). Analisa Teknik dan Permodelan Penentuan Sisa Umur Transformator 20 KV Berdasarkan Profil Beban Lebih pada Jaringan Distribusi. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(1), 88–103. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i1.5522>
- Maruf, A., Primadiyono, Y., (2021). Analisis Pengaruh Pembebanan dan Temperatur Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga 60 MVA Unit 1 dan 2 Di GI 150 kV Kalisari. *Jurnal Edu Elekrika Journal* (Vol. 10, Nomor 1).
- Pambudi, S. (2023). Analisa Kinerja Operasional dan Temperature Terhadap Life Time Transformator 370 MVA. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(1), 91–101. <https://doi.org/10.36418/jist.v4i1.572>
- Pebrianty, R. N., Mashar, A., Made, I., & Kastawan, W. (2022). Perancangan Unit Auxiliary Transformer dengan Kapasitas 700 kVA.
- Rismawati, Isdamiwah, Ikhsan Kamil, & Agus Indarto. (2020). Optimasi Umur Transformator Melalui Peningkatan Kinerja Pendingin Minyak Transformator Dengan Menggunakan Metode “Smart Cooling.” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro* (Vol. 5, Nomor 2020).
- Rojab Nugraha, R., Priatna, E., & Nurdiansyah, R. (2025). Analisis Perkiraan Sisa Umur Transformator Daya IBT II 500 MVA Berdasarkan Kondisi Beban dan Suhu pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV Tasikmalaya (Vol. 06, Nomor 1).
- Wibowo, F. H. (2025). Analisis Kegagalan Isolasi Minyak Transformator Dengan Metode Uji DGA (Dissolved Gas Analysis) Pada Main Trafo Blok 4.2 PLTGU Priok.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Wisnu Wardhana, Abdul Azis, & Yudi Irwansi. (2024). Analisa Penurunan Umur Transformator Akibat Pengaruh Pembebanan dan Temperatur di PT PLN (Persero) P3B Sumatera UPT Palembang Gardu Induk Keramasan. *Jurnal Surya Energy*, 9(1), 46–57
<https://doi.org/10.32502/jse.v9i1.283>



Hak Cipta :

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

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Unit Auxiliary Transformer

