

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERKIRAAN UMUR GENERATOR PADA PLTA
SIMAN BERDASARKAN UJI *INSULATION RESISTANCE***



Disusun Oleh :

R. RAAFI JALU RAHMADANI PURBO PAMUNGKAS
1452100061

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PERKIRAAN UMUR GENERATOR PADA PLTA
SIMAN BERDASARKAN UJI *INSULATION RESISTANCE***



Disusun Oleh :

R. RAAFI JALU RAHMADANI PURBO PAMUNGKAS
1452100061

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2025

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : R. Raafi Jalu Rahmadani Purbo Pamungkas
NBI : 1452100061
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISIS PERKIRAAN UMUR GENERATOR PADA
PLTA SIMAN BERDASARKAN UJI *INSULATION
RESISTANCE*

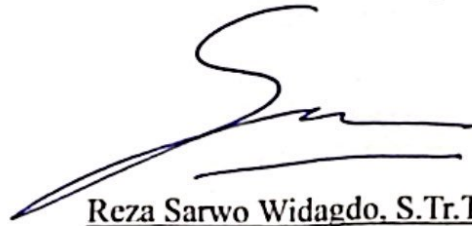
Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Aris Heri Andriawan, S.T., M.T.
NPP. 20450.03.0558

Dosen Pembimbing 2



Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT.
NPP. 20450.22.0860

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Sajjo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Ir. Puji Slamet, ST., MT.
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : R. Raafi Jalu Rahmadani Purbo Pamungkas
NBI : 1452100061
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

**“ANALISIS PERKIRAAN UMUR GENERATOR PADA PLTA SIMAN
BERDASARKAN UJI *INSULATION RESISTANCE*”**

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Juli 2025



R. Raafi Jalu Rahmadani Purbo Pamungkas
NBI. 1452100061



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI**

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : R. Raafi Jalu Rahmadani Purbo Pamungkas
NBI/NPM : 1452100061
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas karya saya yang berjudul:

**“ANALISIS PERKIRAAN UMUR GENERATOR PADA PLTA SIMAN
BERDASARKAN UJI INSULATION RESISTANCE”**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal :

Surabaya, 15 Juli 2025



R. Raafi Jalu Rahmadani Purbo Pamungkas
NBI. 1452100061

ABSTRAK

Insulation Resistance (IR) adalah parameter yang digunakan untuk mengukur sejauh mana bahan isolasi mampu menahan aliran arus listrik, dengan memberikan hambatan yang cukup besar terhadap aliran tersebut. IR menjadi indikator penting dalam menjaga keandalan sistem kelistrikan, terutama pada peralatan seperti generator. Tahanan isolasi yang rendah menunjukkan adanya penurunan kualitas isolasi, yang dapat memicu terjadinya kebocoran arus listrik. Jika kebocoran ini tidak segera diatasi, maka berpotensi terjadi gangguan operasional, seperti kerusakan peralatan bahkan kegagalan total pada sistem pembangkit listrik menjadi sangat tinggi. Faktor – faktor yang memengaruhi penurunan kualitas IR meliputi suhu lingkungan yang tinggi, tingkat kelembapan udara yang berlebihan, serta kondisi ruangan yang tidak memadai, seperti kurangnya ventilasi atau adanya kontaminasi debu dan kotoran. Penelitian ini berfokus pada analisis data tahanan isolasi yang diukur antara rotor – *body* dan stator – *body*. Data yang dianalisis dari generator AC dengan kapasitas maksimal 3,6 MW pada PT. PLN NUSANTARA POWER UP BRANTAS SIMAN. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi sisa umur operasional dari generator 1 dan generator 3 di PLTA Siman. Proses prediksi dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan matematis berbasis data uji *insulation resistance* yang dikumpulkan dari 2018 hingga 2024. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh estimasi yang akurat mengenai sisa umur generator, yang selanjutnya menjadi dasar untuk perencanaan pemeliharaan dan pengelolaan aset secara optimal. Berdasarkan referensi usia operasional dasar generator, di mana generator umumnya dirancang untuk dapat beroperasi hingga 30 tahun, hasil analisis menunjukkan bahwa sisa umur rotor dan stator generator 1 diperkirakan 10 tahun lagi dari tahun 2024. Sementara itu, untuk generator 3, sisa umur rotornya diperkirakan mencapai sekitar 21 tahun, dan statornya sekitar 22 tahun dari tahun yang sama. Prediksi ini dihitung dengan asumsi rata-rata *load factor* sebesar 77%, yang mencerminkan tingkat penggunaan generator dalam kurun waktu tersebut.

ABSTACT

Insulation Resistance (IR) is a parameter used to measure the extent to which insulating materials can resist the flow of electric current by providing significant resistance to it. IR serves as a crucial indicator in maintaining the reliability of electrical systems, especially in equipment such as generators. Low insulation resistance indicates a decline in insulation quality, which can trigger current leakage. If such leakage is not promptly addressed, it may lead to operational disruptions, equipment damage, or even total failure of the power generation system. Several factors contribute to the deterioration of IR quality, including high ambient temperatures, excessive air humidity, and inadequate room conditions, such as poor ventilation or contamination from dust and dirt. This study focuses on analyzing insulation resistance data measured between the rotor-to-body and stator-to-body. The data analyzed are derived from an AC generator with a maximum capacity of 3.6 MW at PT. PLN NUSANTARA POWER UP BRANTAS SIMAN. The objective of this research is to predict the remaining operational lifespan of generators 1 and 3 at the Siman Hydroelectric Power Plant (PLTA). The prediction process is conducted using a mathematical calculation method based on insulation resistance test data collected from 2018 to 2024. Through this approach, it is expected that an accurate estimate of the remaining lifespan of the generators can be obtained, which will serve as a basis for optimal maintenance planning and asset management. Based on the reference operational lifespan of the generators, which are generally designed to operate for up to 30 years, the analysis results indicate that the rotor and stator of Generator 1 have an estimated remaining lifespan of 10 years from 2024. Meanwhile, for Generator 3, the rotor's remaining lifespan is estimated to be approximately 21 years, and the stator's lifespan is approximately 22 years from the same year. These predictions are calculated based on an assumed average load factor of 77%, reflecting the utilization level of the generators during this period.

KATA PENGANTAR

Puji syukur hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahnya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS PERKIRAAN UMUR GENERATOR PADA PLTA SIMAN BERDASARKAN UJI *INSULATION RESISTANCE*” dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini di susun untuk memenuhi syarat utama kelulusan dari Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Jurusan Teknik Elektro.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan berhasil tanpa adanya bantuan dan kerja sama dari pihak lain. Oleh karena itu, kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong terwujudnya Tugas Akhir ini kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis, R. Wiragantoro Hendro kesumo, SE dan Noerwijantini S,Sos yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan doa, semangat, dan material, untuk beliau tugas akhir ini penulis persembahkan. Terima kasih atas segala kasih sayang yang diberikan dalam membesarkan dan mendidik penulis selama ini sehingga penulis dapat terus berjuang dalam meraih mimpi dan cita – cita.
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Puji Slamet, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Bapak Ir. Aris Heri Andriawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir Fakultas Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah meluangkan waktu di tengah kesibukan beliau, memberikan kritik, saran dan pengarahan kepada penulis dalam proses penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT. selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas akhir Fakultas Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah meluangkan waktu di tengah kesibukan beliau, memberikan kritik, saran dan pengarahan kepada penulis dalam proses penulisan tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen dan staf pengajar program studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
8. PT. PLN NUSANTARA POWER UP BRANTAS SIMAN yang telah mengizinkan saya untuk mengambil data tugas akhir di tempat wilayah kerjanya.
9. Bapak Alif Suherman, Selaku Pembimbing lapangan di PT. PLN NUSANTARA POWER UP BRANTAS SIMAN.

10. Segenap pegawai PT. PLN NUSANTARA POWER UP BRANTAS SIMAN telahh berbagi pengalaman sehingga dapat mengajarkan dan memberikan ilmunya kepada penulis.
11. Seluruh saudara anggota Semoga Sukses Cangkruk yang telah menemani penulis berada di titik jenuh.
12. Seluruh saudara anggota *Fellas Eatery* yang telah menemani penulis ketika penulis sedang mengerjakan Tugas Akhir.
13. Seluruh saudara anggota Pemuda Kendi Indonesia yang telah menemani penulis ketika penulis sedang berada di titik jenuh.
14. Mochamad Ariandhani Pratama yang senantiasa menemani mengerjakan Tugas Akhir, serta memberikan dukungan semangat dan dorongan agar terselesaikannya tugas akhir ini
15. Muhammad Maulana Abdillah yang senang tiasa menemani mengerjakan Tugas Akhir, serta memberikan dukungan semangat dan dorongan agar terselesaikannya tugas akhir ini
16. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan laporan.
17. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyusun tugas akhir

Dalam penyusunan laporan, penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis menyambut baik kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan ini. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca.

Surabaya, 15 Juli 2025



R. Raafi Jalu Rahmadani Purbo Pamungkas
NBI. 1452100061

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| TUGAS AKHIR..... | I |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR | II |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR..... | III |
| LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... | IV |
| ABSTRAK..... | V |
| KATA PENGANTAR..... | VII |
| DAFTAR ISI..... | IX |
| DAFTAR GAMBAR..... | XII |
| DAFTAR TABEL..... | XIII |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Kontribusi Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II. DASAR TEORI..... | 5 |
| 2.1. State Of The Art | 5 |
| 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) | 6 |
| 2.3. Klasifikasi PLTA | 7 |
| 2.3.1 Klasifikasi PLTA Berdasarkan Daya dan <i>Head</i> | 7 |
| 2.3.2 Klasifikasi PLTA Berdasarkan Desain | 8 |
| 2.4. Prinsip Kerja..... | 10 |
| 2.5. Peralatan Utama PLTA | 12 |
| 2.5.1. Generator..... | 12 |
| 2.5.2. Turbin..... | 20 |
| 2.5.3. Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)..... | 25 |
| 2.5.4. Kolam Tampung Harian (KTH)..... | 26 |

| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 2.5.5. | Saluran Pembuangan (<i>Tail Race</i>)..... | 27 |
| 2.5.6. | <i>Main Valve</i> | 27 |
| 2.5.7. | <i>Main Strainer</i> | 28 |
| 2.5.8. | <i>Main Inlet Valve</i> | 29 |
| 2.5.9. | <i>Motor Valve</i> | 30 |
| 2.5.10. | Pengatur Tegangan Otomatis (<i>Automatic Voltage Regulator</i>)..... | 31 |
| 2.5.11. | <i>Human Machine Interface</i> (HMI)..... | 32 |
| 2.5.12. | Transformator | 33 |
| 2.6 | Efisiensi | 34 |
| 2.7 | <i>Insulation Resistance</i> | 35 |
| 2.8. | <i>Insulation Tester</i> | 36 |
| 2.9. | Penentuan Susut Umur Pada Generator..... | 37 |
| 2.10. | <i>Load Factor</i> | 38 |
| BAB III. METODE PENELITIAN | | 41 |
| 3.1. | Metode Penelitian..... | 41 |
| 3.2. | Diagram Alir Penelitian | 42 |
| 3.3. | Pengambilan Data..... | 43 |
| 3.4. | Pengambilan Data Generator..... | 43 |
| 3.5. | Pengambilan Data Tahanan Isolasi | 44 |
| 3.6. | Perencanaan Pengukuran..... | 44 |
| 3.7. | Perencanaan Perhitungan..... | 45 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 47 |
| 4.1. | Pengujian Tahanan Isolasi | 47 |
| 4.2. | Grafik Hasil Penelitian | 57 |
| 4.3. | Penghasilan Rata – Rata Generator Setiap Tahunnya | 58 |
| 4.4. | Pembahasan..... | 61 |
| BAB V. PENUTUP | | 63 |
| 5.1 | Kesimpulan | 63 |
| 5.2 | Saran..... | 63 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Gedung PLTA | 6 |
| Gambar 2.2 PLTA <i>Run of River</i> | 9 |
| Gambar 2.3 PLTA <i>Reservoir</i> | 11 |
| Gambar 2.4 Generator | 12 |
| Gambar 2.5 Generator DC | 13 |
| Gambar 2.6 Turbin | 20 |
| Gambar 2.7 <i>Runner</i> Turbin | 21 |
| Gambar 2.8 Sudu Penyearah | 21 |
| Gambar 2.9 <i>Casing</i> | 20 |
| Gambar 2.10 Turbin Pelton | 20 |
| Gambar 2.11 Turbin Kaplan | 21 |
| Gambar 2.12 Turbin <i>Bulb</i> | 22 |
| Gambar 2.13 Turbin <i>Crossflow</i> | 23 |
| Gambar 2.14 Pipa Pesat | 23 |
| Gambar 2.15 Kolam Tampung Harian | 24 |
| Gambar 2.16 <i>Tail Race</i> | 27 |
| Gambar 2.17 <i>Main Valve</i> | 28 |
| Gambar 2.18 <i>Main Strainer</i> | 28 |
| Gambar 2.19 <i>Main Inlet Valve</i> | 29 |
| Gambar 2.20 <i>Motor Valve</i> | 30 |
| Gambar 2.21 Automatic Voltage Regulator (AVR) | 31 |
| Gambar 2.22 <i>Human Machine Interface</i> (HMI) | 32 |
| Gambar 2.23 Transformator | 33 |
| Gambar 2.24 <i>Insulation Tester</i> | 36 |
| Gambar 4.1 Susut Umur Generator 1 | 57 |
| Gambar 4.2 Susut Umur Generator 3 | 58 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Berdasarkan Kapasitas PLTA..... | 7 |
| Tabel 2.2 Klasifikasi PLTA Berdasarkan Ketinggian <i>Head</i> | 7 |
| Tabel 2.3 Standar Isolasi Berdasarkan IEEE std. 43..... | 36 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi Generator..... | 44 |
| Tabel 3.2. Tahapan dan Durasi Pengerjaan Penelitian | 44 |
| Tabel 4.1 Tahanan Isolasi (M Ω) Generator 1..... | 47 |
| Tabel 4.2 Tahanan Isolasi (M Ω) Generator 3..... | 47 |
| Tabel 4.3 Tahanan Isolasi Generator 1..... | 49 |
| Tabel 4.4 Tahanan Isolasi Generator 3..... | 50 |
| Tabel 4.5 <i>Lifeloss</i> Generator 1 | 52 |
| Tabel 4.6 <i>Lifeloss</i> Generator 3 | 54 |
| Tabel 4.7 Susut Umur Generator | 55 |
| Tabel 4.8 Rata – Rata Susut Umur Generator per tahun | 55 |
| Tabel 4.9 Rata – Rata Penghasilan Generator 1..... | 58 |
| Tabel 4.10 <i>Load factor</i> Generator 1..... | 59 |
| Tabel 4.11 Rata – Rata Penghasilan Generator 3..... | 60 |
| Tabel 4.12 <i>Load factor</i> Generator 3..... | 61 |