

SKRIPSI
ESTIMASI BEBAN TRANSFORMATOR DAYA
STUDI KASUS JARINGAN GARDU INDUK LAHAT



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
di program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Palembang

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
DHAPIN PRAYUDA
132021060

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2025

SKRIPSI
ESTIMASI BEBAN TRANSFORMATOR DAYA
STUDI KASUS JARINGAN GARDU INDUK LAHAT

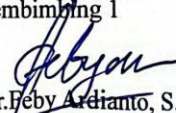


Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
05 September 2025

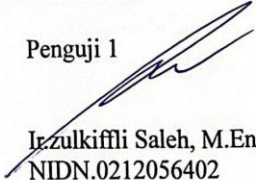
Dipersiapkan dan Disusun Oleh
DHAPIN PRAYUDA

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1


Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

Penguji 1


Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng
NIDN. 0212056402

Pembimbing 2


Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T
NIDN. 0205118504

Penguji 2


Rika Noverianty, S.T., M.T
NIDN. 0214117504

Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik



Dr. A. Junaidi, M.T
NIDN. 0202026502

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini sepenuhnya merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di universitas mana pun. Sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau opini yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh pihak lain, kecuali yang secara eksplisit dikutip dalam naskah ini dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Palembang, September 2025

Yang membuat pernyataan



Dhapu Prayuda

132021060

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **ESTIMASI BEBAN TRANSFORMATOR DAYA STUDI KASUS JARINGAN GARDU INDUK LAHAT** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjan pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T .,M.Cs, selaku Pembimbing I
- Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T ., M.T, selaku Pembimbing II

dan tak lupa penulis mengucapkan terima kasih keoad,

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhummadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Juaidi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T .,M.Cs, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fukultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
7. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

8. Kepada Ayahanda Junaidi dan Ibunda Emilda Suscowati atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti yang menjadi sumber kekuatan hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
9. Adik kandung Febi Yalda Aulia Salsabila yang selalu men support dan mendoakan.
10. Terimakasih kepada sayangku Meilani Istihara yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan saya .Terimakasih telah menjadi rumah untuk melepas keluh kesah, segala usaha yang diberikan mulai dari waktu, dukungan, doa dan support dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai.

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, September 2025

Penulis,



Dhapin Prayuda

132021060

ABSTRAK

Transformator daya merupakan elemen krusial dalam sistem distribusi energi listrik, berfungsi untuk mengubah level tegangan sesuai dengan kebutuhan operasional. Estimasi beban pada transformator sangat krusial untuk menjamin keandalan, efisiensi, dan keselamatan jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi beban transformator daya berdasarkan parameter suhu lilitan dan suhu minyak, dengan lokasi penelitian di Gardu Induk Lahat. Metode yang digunakan adalah regresi linier berganda untuk membangun model matematika yang dapat memprediksi besarnya beban transformator dalam satuan kVA. Data yang dianalisis berasal dari catatan harian selama satu bulan, dan hasil pemodelan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dievaluasi melalui nilai koefisien determinasi (R^2). Hasil analisis menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki akurasi yang tinggi, dengan selisih antara data estimasi dan data aktual berada pada rentang 0,01 hingga 0,1 kVA. Beban aktual transformator selama periode pengamatan berkisar antara 20,8 hingga 21,4 kVA, masih jauh di bawah kapasitas maksimumnya yaitu 60 MVA. Berdasarkan temuan ini, metode estimasi yang digunakan terbukti efektif dalam mendukung pemantauan kondisi dan perencanaan pemeliharaan prediktif transformator daya. Untuk meningkatkan akurasi di masa mendatang, disarankan agar model diperluas dengan menambahkan parameter lain seperti kelembapan, arus beban, dan hasil analisis gas terlarut (DGA).

Kata kunci: Transformator, hasil pemodelan R square (R^2), regresi linier berganda, gardu induk lahat.

ABSTRACT

Power transformers are crucial elements in electrical energy distribution systems, functioning to change voltage levels according to operational requirements. Load estimation on transformers is crucial to ensure long-term reliability, efficiency, and safety. This study aims to estimate the load of power transformers based on winding temperature and oil temperature parameters, with the research location at the Lahat Substation. The method used is multiple linear regression to build a mathematical model that can predict the magnitude of the transformer load in kVA units. The data analyzed came from daily records for one month, and the modeling results are displayed in graphical form and evaluated through the coefficient of determination (R^2) value. The analysis results show that the developed model has high accuracy, with the difference between the estimated and actual data in the range of 0.01 to 0.1 kVA. The actual load of the transformer during the observation period ranged from 20.8 to 21.4 kVA, still far below its maximum capacity of 60 MVA. Based on these findings, the estimation method used has proven effective in supporting condition monitoring and predictive maintenance planning of power transformers. To improve accuracy in the future, it is recommended that the model be expanded by adding other parameters such as humidity, load current, and dissolved gas analysis (DGA) results.

Key words: *Transformer, R square (R^2) modeling results, multiple linear regression, Lahat substation.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Transformator	5
2.1.1. Jenis-jenis Transformator.....	6
2.2. Bagian Inti Transformator	9
2.2.1. Inti Besi	9
2.2.2. Kumparan Transformator	10
2.2.3. Bushing	10
2.2.4. Tangki Konservator	11
2.3. Peralatan Bantu Transformator	11
2.3.1. Pendingin	12
2.3.2. Tap Charger	12
2.3.3. Alat Penerapan (Dehydrating Breather).....	12
2.3.4. NGR (Neutral Grounding Resistance)	12
2.4. Sistem Isolasi Transformator Daya	13
2.4.1 Isolasi Kertas pada Transformator Daya	14
2.4.2 Minyak Isolasi pada Tranformator Daya.....	15
2.5. Gangguan Transformator Daya	17

2.6.	Koefisien Determinasi (R^2)	17
2.7.	Mean Time Between Failure (MTBF)	18
2.8.	Regresi Linier Berganda	18
2.9.	Efisiensi Transformator	20
2.10.	Rumus Perkiraan Suhu Minyak	20
2.11.	Referensi Jurnal Estimasi Beban Transformator	21
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1.	Jenis Penelitian	24
3.2.	Lokasi Penelitian	24
3.3.	Sumber Data	25
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	25
3.5.	Teknik Analisa Data	25
3.6.	Diagram Alir Penelitian	25
3.7.	Alat dan Bahan	26
BAB 4	DATA, PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA	28
4.1.	Data Transformator Daya	28
4.2.	Perhitungan	29
4.3.	Pembahasan dan Analisa	37
4.3.1	Pembahasan Program Matlab	38
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1.	Kesimpulan	41
5.2.	Saran	42
	DAFTAR PUSTAKA	43
	LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformator Daya Gardu Induk Lahat	6
Gambar 2. 2 Transformator daya	7
Gambar 2.3 Transformator Distribusi	7
Gambar 2. 4 Transformator Pengukuran	8
Gambar 2. 5 Transformator isolasi.....	9
Gambar 2. 6 Inti Besi Transformator	10
Gambar 2. 7 Kumputan Transformator	10
Gambar 2. 8 Bushing Transformator.....	11
Gambar 2. 9 Tangki Transformator	11
Gambar 2. 10 Pendingin Transformator	12
Gambar 2. 11 Isolasi Kertas Transformator	14
Gambar 2. 12 Isolasi Kertas Pada Transformator	15
Gambar 2. 13 Minyak Pada Transformator.....	16
Gambar 3. 1 Lokasi PT PLN (Persero) ULTG Lahat	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir.....	25
Gambar 4. 1 Grafik Estimasi Beban Transformator.....	30
Gambar 4. 2 (a) Hubungan antara x_1 dan prediksi Y saat x_2 konstan, (b) Hubungan antara x_2 dan prediksi Y saat x_1 konstan	33
Gambar 4. 3 Plot antara x_1 , x_2 dan Y prediksi	34
Gambar 4. 4 Permukaan Regresi + titik Y aktual.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Estimasi Beban Tranformator Sebelumnya.....	21
Tabel 4. 1 Data transformator daya dalam 1 bulan	28
Tabel 4. 2 Variabel data regresi linier berganda	29
Tabel 4. 3 Variabel data Y aktual dan Y estimasi	31

BAB 1

PENDAHULIAN

1.1. Latar Belakang

Transformator berfungsi untuk mengubah tingkat tegangan listrik tanpa mempengaruhi frekuensinya. Selama pengoperasiannya, transformator tidak dapat dilepaskan dari kemungkinan mengalami gangguan, baik itu termal, mekanis, atau listrik. Jika interferensi ini terus terjadi, dapat mempercepat umur transformator, dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan serius. Transformator daya yang beroperasi hampir tanpa henti selama 24 jam tentu memiliki batas masa pakai, yang menentukan apakah masih layak dan andal untuk digunakan dalam sistem tenaga listrik. Keberlanjutan kinerja transformator sangat dipengaruhi oleh kualitas sistem isolasi, salah satunya adalah kualitas oli isolasi yang digunakan.(Jember & Timur, 2023)

Salah satu faktor utama yang menyebabkan kegagalan transformator adalah suhu yang terlalu tinggi, yang umumnya terjadi pada bagian sistem isolasi. Kenaikan suhu ini dapat memicu reaksi berantai yang mempercepat proses penuaan pada sistem isolasi, baik pada minyak isolasi maupun kertas isolasi, serta menurunkan kinerjanya. Selain itu, panas berlebih juga mengurangi efektivitas sistem pendingin, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan pada transformator. Faktor ini menjadi penyebab utama terbatasnya umur operasional transformator.(Jember & Timur, 2023). Dengan kata lain, beban yang berlebihan dapat menimbulkan panas pada lilitan kumparan transformator yang pada akhirnya mempercepat penurunan umur transformator dari seharusnya.

Peran vital transformator dalam penyaluran daya listrik yang efisien dan andal memerlukan analisis beban yang komprehensif. Dalam hal ini, analisis beban transformator menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa kapasitas transformator tidak hanya cukup untuk melayani kebutuhan saat ini, tetapi juga mampu mendukung peningkatan beban di masa mendatang. Peran vital transformator dalam penyaluran daya listrik yang efisien dan andal memerlukan

analisis beban yang komprehensif. Dalam hal ini, analisis beban transformator menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa kapasitas transformator tidak hanya cukup untuk melayani kebutuhan saat ini, tetapi juga mampu mendukung peningkatan beban di masa mendatang.(Rahmi, 2021)

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan menggunakan metode regresi linier berganda untuk memperkirakan baban transformator daya. Estimasi ini didasarkan pada dua parameter utama yang memengaruhi, yaitu suhu belitan (X_1) dan suhu oli (X_2). Metode ini dipilih untuk membentuk model matematika yang mampu memprediksi beban transformator (Y) dengan mengacu pada data historis dari pemantauan kondisi operasionalnya. Dengan metode ini, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas strategi yang diterapkan, mengidentifikasi potensi masalah secara dini, dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional transformator daya.

Dengan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan strategi perawatan yang tepat, termasuk pemeriksaan rutin dan manajemen beban yang optimal, sangat penting untuk menjamin keandalan dan efisiensi operasional transformator daya dalam jangka panjang.

1.2. Tujuan

Pembahasan untuk membuat tugas akhir sebagai berikiut :

1. Melakukan analisis terhadap beban transformator daya saat ini di jaringan Gardu Induk Lahat.
2. Mengevaluasi tingkat akurasi model regresi linier dengan membandingkan nilai beban yang diestimasi dengan data aktual selama periode pengamatan.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah ini dibuat untuk memfokuskan penulisan tugas akhir kepada inti permasalahan berikut:

1. Perkiraan ini terbatas pada transformator daya yang berada di area Gardu induk Lahat dan tidak termasuk gardu induk di lokasi lain.

2. Data yang digunakan dalam analisis mencakup data historis beban, parameter teknis transformator, serta data operasional dalam periode waktu tertentu .
3. Fokus utama dari estimasi adalah pada evaluasi beban transformator daya.
4. Pembahasan tidak mencakup analisis komprehensif tentang sistem perlindungan, tetapi hanya mempertimbangkan efek beban pada kondisi transformator.

1.4. Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Dimana dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sistematika penulisan akan disusun secara sistematis yang terbagi beberapa bab, Dimana sebagai berikut:
Pada bab ini berisikan tentang , tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori yang relevan sebagai dasar untuk memperkirakan transformator daya. Materi yang dibahas meliputi:

1. Definisi dan prinsip kerja dasar transformator daya.
2. Parameter teknis yang mempengaruhi kinerja transformator.
3. Metode memperkirakan masa pakai dan kinerja transformator.
4. Tinjauan literatur atau penelitian sebelumnya terkait topik serupa.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini dimana membahas tentang estimasi pada transformator disertai dengan data penunjang yang di butuhkan guna untuk estimasi transformator dengan menggunakan *software* simulasi *software* MATLAB.

BAB 4 DATA, PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA

Bab ini menyajikan hasil pengolahan data dan grafik yang dihasilkan dari penerapan model estimasi beban transformator menggunakan regresi linier berganda. Selain itu, hubungan antara variabel beban, suhu, dan umur operasional transformator juga dibahas. Analisis umur transformator dilakukan berdasarkan hasil simulasi perhitungan menggunakan regresi linier berganda,

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dari seluruh rangkaian studi yang dilakukan dan memberikan rekomendasi untuk pengembangan penelitian lebih lanjut. Lebih lanjut, bab ini mengusulkan penerapan hasil estimasi beban ransformator sebagai bagian dari sistem pemantauan kondisi dalam operasi jaringan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M. A., Mohamad, Y., & Tolago, A. I. (2021, March). Analysis of the influence of loading on age of use of transformers in Botupingge substation. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1098, No. 4, p. 042039). IOP Publishing.
- AMRULLAH, M. R. (2023). Analisis produktivitas mesin packing di Pt. Xyz dengan pendekatan overall equipment effectiveness (Oee) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Herdiyanto, H. (2024). Peramalan Beban Dengan Metode Regresi Eksponensial Untuk Evaluasi Kapasitas Daya Transformator di Perumahan Mutiara Hati Genuk Semarang (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Prasetyono, S., Faruq, A. U., & Sujanarko, B. (2023). Analisa Karakteristik Tegangan Tembus Terhadap Percepatan Penuaan Termal Untuk Estimasi Umur Minyak Bio Kemiri Sunan Menggunakan Hukum Arrhenius. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 9(3), 95-102.
- Prasetyono, S., Faruq, A. U., & Sujanarko, B. (2023). Analisa Karakteristik Tegangan Tembus Terhadap Percepatan Penuaan Termal Untuk Estimasi Umur Minyak Bio Kemiri Sunan Menggunakan Hukum Arrhenius. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 9(3), 95-102.
- Putra, Y. A., Prasetyono, R. N., & Murdiantoro, R. A. (2022). The analysis of the effect of rainfall and load imbalance toward an electrical power loss at Pt. Pln (Persero) Ulp Bumiayu.: Array. *Journal of Electronic and Electrical Power Applications*, 2(1), 50-56.
- Prasetyono, S., Faruq, A. U., & Sujanarko, B. (2023). Analisa Karakteristik Tegangan Tembus Terhadap Percepatan Penuaan Termal Untuk Estimasi Umur Minyak Bio Kemiri Sunan Menggunakan Hukum Arrhenius. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 9(3), 95-102.
- Rahardian, K., Riastuti, R., & Zakiyuddin, A. (2024). Prediksi Sisa Umur Layan dan Analisa Resiko pada Power Transformer Menggunakan pendekatan Distribusi Weibull dan Risk Priority Number: Prediction of Remaining Service Life and Risk Analysis on Power Transformers Using The Weibull Distribution and Risk Priority Number Approach. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(1), 308-316.

- Simamora S. P. (2024). Analisis Pembebanan Transformator Penerima di Gardu Induk Mabar 150 KVA.
- Sirait, J., Nugroho, T. A., & Prayogi, S. (2024). Studi Analisis Tahanan Isolasi dan Estimasi Umur Transformator Menggunakan Metode Health Index di PT PLN (Persero) UPT Cawang. *Techno. com*, 23(3).
- Setyadi, F. Y. (2024). *Analisa Peramalan Beban pada Gardu Induk 150 KV Mranggen dengan Metode Regresi Linear dan Eksponensial* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Sanjaya, T. A., & Suwarno, S. (2024, November). Health Index Assessment of Power Transformers: Operation Time and Load Analysis. In *2024 6th International Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)* (pp. 1-5). IEEE.
- Triatmoko, W., & Wati, T. (2023, April). Perkiraan Sisa Umur Transformator Distribusi 20 KV di Perusahaan Bumi Waras Group. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)* (Vol. 1, No. 1, pp. 355-361).