

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISIS UPRATING TRANSFORMATOR PADA
GARDU DISTRIBUSI KD 0163 PENYULANG PANDAK
ULP TABANAN**



Oleh :

I Made Agus Nova Andika Wijaya

2215313028

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Uprating Transformator Pada Gardu Distribusi KD 0163 Penyulang Pandak ULP Tabanan” dengan tepat pada waktunya.

Dalam menyusun proposal tugas akhir dan menyelesaikan proposal tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, masukan serta dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung ataupun tidak langsung. Maka dari itu saya ucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. I Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak Ir. I Gede Ketut Sri Budarsa, M.Si.,M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dukungan selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak I GNA Dwijaya Saputra, ST.MT. Phd, sekaju Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan dukungan selama penyusunan tugas akhir.
5. Manager, Supervisor, Pegawai PT. PLN (Persero) ULP Tabanan beserta staff dan pihak lainnya yang telah membantu dalam proposal tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
6. Keluarga dan teman dekat yang selalu memberikan kasih sayang, kesabaran, doa dan motivasi untuk berpikiran positif bergerak maju serta berprestasi.
7. Serta teman – teman yang selalu ada dan selalu memberikan doanya dalam proses menyusun proposal tugas akhir ini sehingga segala prosesnya diberi kelancaran.

Oleh karena itu penulis mengapresiasi segala kritik dan saran yang bersifat membangun, Akhir kata, semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak terkait dan bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya.

Badung, 7 Mei 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'N' followed by several vertical strokes and a final horizontal stroke.

I Made Agus Nova Andika Wijaya

I Made Agus Nova Andika Wijaya

**Analisis Uprating Transformator Pada Gardu Distribusi Kd 0163 Penyulang
Pandak ULP Tabanan**

ABSTRAK

Transformator distribusi merupakan komponen penting dalam sistem distribusi tenaga listrik, khususnya dalam menyalurkan tegangan dari jaringan tegangan menengah (20 kV) ke tegangan rendah (400/230 V). Laporan tugas akhir ini membahas analisis *uprating* transformator pada Gardu Distribusi KD 0163 yang berlokasi di Jalan Ahmad Yani, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan, ULP Tabanan. Berdasarkan hasil pengukuran pada Waktu Beban Puncak (WBP), persentase pembebanan transformator berkapasitas 160 kVA mencapai 88% yang sudah melebihi batas standar PLN yaitu 80%. Kondisi ini yang menyebabkan *overload* yang berdampak pada penurunan umur transformator serta resiko kerusakan komponen. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan pengukuran langsung, analisis data beban historis tahun 2020-2024, dan peramalan kebutuhan daya listrik hingga tahun 2030 menggunakan metode regresi liner. Berdasarkan hasil perhitungan persentase pembebanan pada opsi kapasitas 200 kVA dan 250 kVA, kapasitas 250 kVA menunjukan hasil pembebanan yang ideal yaitu sebesar 77% pada tahun 2028. Maka *uprating* transformator ke kapasitas 250 kVA direkomendasikan sebagai pilihan yang tepat untuk mengatasi transformator *overload* serta meningkatkan kenadalan sistem distribusi daya listrik pada Gardu Distribusi KD 0163.

Kata kunci: Transformator, *Uprating*, Distribusi Listrik, *Overload*, PLN.

I Made Agus Nova Andika Wijaya

**Analysis of Transformer Uprating at Distribution Substation Kd 0163 of the
Pandak Substation ULP Tabanan**

ABSTRACT

Distribution transformers are essential components in the electrical distribution system, particularly in stepping down voltage from medium voltage networks (20 kV) to low voltage levels (400/230). This final project discusses the analysis of transformer uprating at Distribution Substation KD 0163, located on Jalan Ahmad Yani, Kediri District, Tabanan Regency, under the management of PLN ULP Tabanan. Based on measurements taken during Peak Load Time (WBP), the 160 kVA transformer showed a loading percentage of 88%, exceeding PLN's standard limit of 80%. This condition causes overload, which can lead to a reduced transformer lifespan and an increased risk of component failure. This research applies a quantitative method through direct measurement, analysis of historical load data from 2020 to 2024, and forecasting of electricity demand until 2030 using the linear regression method. Based on the calculated loading percentages of the alternative capacities of 200 kVA and 250 kVA, the 250 kVA capacity showed an ideal loading result of 77% in 2028. Therefore, uprating the transformer to a 250 kVA capacity is recommended as the appropriate solution to address the overload issue and improve the reliability of the electrical distribution system at Distribution Substation KD 0163.

Keywords: Transformer, Uprating, Distribution System, Overload, PLN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-2
1.3 Pembatasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan.....	I-2
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	II-1
2.2 Gardu Distribusi	II-1
2.2.1 Gardu Portal	II-2
2.2.2 Gardu Cantol	II-3
2.2.3 Gardu Beton	II-4
2.2.4 Gardu Kios	II-4
2.2.5 Gardu Pelanggan Umum	II-5
2.2.6 Gardu Pelanggan khusus	II-6
2.3 Transformator	II-7
2.4 Bagian Utama Transformator	II-7
2.4.1 Inti Besi	II-7
2.4.2 Kumparan Transformator	II-8
2.4.3 Minyak Transformator.....	II-8
2.4.4 Bushing.....	II-9
2.4.5 Tangki dan Konservator	II-9
2.5 Bagian Peralatan Bantu Transformator	II-10

2.5.1 Pendingin.....	II-10
2.5.2 Alat Pernafasan (Silica Gel)	II-11
2.5.3 Tap Changer.....	II-12
2.5.4 Neutral Grounding Resistance (NGR)	II-12
2.5.5 Indikator-indikator.....	II-12
2.6 Komponen Pada Gardu distribusi.....	II-12
2.6.1 Fuse Cut Out.....	II-13
2.6.2 Lighting Arrester	II-13
2.6.3 Transformator Distribusi	II-14
2.6.4 PHB-TR.....	II-15
2.7 Cara Mengatasi Gangguan Akibat <i>Overblast</i>	II-17
2.8 Prinsip Kerja Transformator	II-18
2.9 Pembebanan Transformator	II-18
2.10 Perhitungan Arus Beban Penuh Pada Transformator	II-19
2.11 Metode Up-Rating Transformator	II-21
2.12 Daya Listrik	II-21
2.13 Metode Regresi Liner	II-23
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	III-1
3.3 Metode Pengumpulan Data	III-1
3.4 Analisis Data	III-2
3.5 Hasil Yang Diharapkan.....	III-3
3.6 Diagram Alir	III-4
3.7 Jadwal Kegiatan.....	III-5
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1 Data Teknis Objek Penelitian	IV-1
4.1.1 Data Teknis Transformator	IV-2
4.2 Data Pembebanan Pada Gardu KD 0163.....	IV-3
4.3 Pembahasan	IV-3
4.3.1 Perhitungan Daya Terpakai Pada Gardu KD 0163.....	IV-3
4.3.2 Perhitungan Peramalan Kebutuhan Daya Listrik Gardu KD 0163	IV-6
4.3.3 Perhitungan Pemakaian Daya Listrik Maksimal Pada Transformator	IV-9
4.3.4 Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator	IV-10

4.3.5 Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator Sebelum Uprating ..	IV-10
4.3.6 Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator Sesudah Uprating ...	IV-11
4.4 Analisis	IV-14
4.4.1 Analisis Persentase Pembebanan Sebelum Uprating Transformator Pada Gardu KD 0163	IV-14
4.4.2 Analisis Persentase Pembebanan Sesudah Uprating Transformator dan Peramalan Daya Listrik Terpakai Tahun 2025-2033 Pada Gardu KD 0163	IV-15
4.4.3 Analisis Kapasitas Uprating Transformator	IV-16
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	1
LAMPIRAN.....	L-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Arus Nominal Berdasarkan Pola Pembebanan Transformator	II-19
Tabel 2.2	Tabel Kategori Pembebanan Transformator Terhadap Kapasitas	II-20
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan	III-5
Tabel 4.1	Data Teknis Transformator Pada Gardu KD 0163 Sebelum Uprating	IV-2
Tabel 4.2	Data Teknis Transformator Pada Gardu Kd 0163 Sesudah Uprating	IV-2
Tabel 4.3	Data Pertumbuhan Beban Transformator Dari Tahun 2020-2024	IV-3
Tabel 4.4	Daya Terpakai Pada Waktu Beban Puncak Tahun 2020-2024	IV-6
Tabel 4.5	Tabel Perhitungan Peramalan Kebutuhan Daya Listrik	IV-7
Tabel 4.6	Peramalan Kebutuhan Daya Listrik Pada WBP Tahun 2025-2033	IV-9
Tabel 4.7	Pemakaian Daya Listrik Maksimal Pada Transformator	IV-10
Tabel 4.8	Persentase Pembebanan Sebelum Uprating Transformator	IV-13
Tabel 4.9	Persentase Pembebanan Sesudah Dilakukan Uprating Transformator ...	IV-13
Tabel 4.10	Persentase Pembebanan Sesudah dilakukan Uprating Transformator	IV-13

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Garis Sistem Tenaga Listrik	II-1
Gambar 2.2	Gardu Distribusi.....	II-2
Gambar 2.3	Gardu Portal	II-3
Gambar 2.4	Gardu Cantol.....	II-4
Gambar 2.5	Gardu Beton	II-4
Gambar 2.6	Gardu Kios	II-5
Gambar 2.7	Bagian Satu Garis Gardu Pelanggan Umum.....	II-6
Gambar 2.8	Bagian Satu Garis Gardu Pelanggan Khusus	II-6
Gambar 2.9	Inti Besi.....	II-8
Gambar 2.10	Kumparan Transformator	II-8
Gambar 2.11	Minyak Transformator	II-9
Gambar 2.12	Bushing Sisi Primer dan Sisi Sekunder	II-9
Gambar 2.13	Konservator Transformator	II-10
Gambar 2.14	Pendingin	II-11
Gambar 2.15	Alat Pernafasan	II-11
Gambar 2.16	Tap Changer	II-12
Gambar 2.17	Fuse Cut Out	II-13
Gambar 2.18	Lightning Arrester	II-14
Gambar 2.19	Transformator Distribusi.....	II-14
Gambar 2.20	PHB-TR	II-15
Gambar 2.21	Prinsip Kerja Transformator	II-18
Gambar 4.1	Gardu Distribusi KD 0163 Pada Penyulang Pandak.....	IV-1
Gambar 4.2	Single Line Diagram Penyulang Pandak	IV-3
Gambar 4.3	Grafik Persentase Pembebanan Sebelum Uprating Transformator..	IV-14
Gambar 4.4	Grafik Persentase Pembebanan Sesudah Uprating Transformator dan Peramalan Kebutuhan Daya Listrik Terpakai Tahun 2025-2033	IV-15
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Kapasitas Transformator 200 kVA Dengan 250 kVA	IV-16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Ketersediaan tenaga listrik di era saat ini merupakan salah satu pokok penting bagi kehidupan manusia. Listrik terbukti menjadi sebuah bagian utama untuk kelangsungan hidup manusia. Seperti yang diketahui bahwa hampir semua wilayah di bumi ini sudah membutuhkan energi listrik untuk menggerakkan roda kehidupan, bahkan dalam masalah kedaulatan sebuah negara, peranan listrik ini sangat diprioritaskan, bahkan menjadi tolok ukur keberhasilan suatu negara [1].

Seiring dengan meningkatnya jumlah pelanggan dan pertumbuhan beban daya listrik, pada jaringan distribusi khususnya pada beban transformator distribusi juga mengalami peningkatan. Transformator distribusi berfungsi untuk menurunkan tegangan dari jaringan tegangan menengah (20 kV) menjadi tegangan rendah (400/230 V) yang dapat digunakan untuk pelanggan. Setiap transformator memiliki kapasitas maksimum yang dapat disesuaikan dengan beban yang ditanggungnya. Apabila beban transformator melebihi kapasitas standar yaitu 80%, maka transformator akan mengalami *overload* yang berpotensi menyebabkan *losses* atau rugi daya [2]. Berdasarkan Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 mengenai metode pemeliharaan transformator distribusi berbasis manajemen aset, kriteria kondisi transformator pembebanan di bawah 60% dikategorikan baik, pembebanan antara 60% hingga kurang dari 80% dikategorikan cukup, pembebanan 80% hingga kurang dari 100% dikatakan kurang dan pembebanan yang mencapai 100% atau lebih besar dari 100% dikategorikan buruk [3].

Sebelumnya dapat dilakukan inspeksi pada gardu distribusi KD 0163 yang berlokasi di Jalan Ahmad Yani, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan. Yang merupakan salah satu pembebanan lebih pada transformator gardu distribusi dari Penyulang Pandak dengan kapasitas transformatornya 160 kVA. Untuk mengetahui kondisi pembebanan, maka dapat dilakukan pengukuran arus menggunakan alat ukur Clamp Meter merek Kyoritsu dengan pengawas teknik dari ULP Tabanan. Pengukuran dapat dilakukan satu kali pada saat Waktu Beban Puncak (WBP) yaitu pukul 19.00 WITA pada tanggal 24 November 2024. Berdasarkan hasil pengukuran dapat diketahui Arus Induk $I_R = 198A$ $I_S = 210A$ $I_T = 215A$ $I_N = 42A$. Hasil ukur dari pengolahan data yang dilakukan terhitung

persentase pembebanan trafo sebesar 88% yang telah dikategorikan *overload* oleh PT. PLN (Persero) ULP Tabanan, dalam hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut dalam keadaan kurang baik secara teknis sesuai dengan Surat Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 menyatakan bahwa persentase pembebanan transformator yang dikategorikan dari 80% sampai dengan dibawah 100%, apabila transformator yang sudah mengalami *overload* tetap dioperasikan secara terus-menerus akan mengalami penurunan umur pakai dan meningkatnya resiko kerusakan isolasi serta komponen lainnya. Dengan adanya kondisi tersebut, maka penting untuk dilakukan tindakan yaitu uprating transformator dari kapasitas 160 kVA menjadi 250 kVA. Uprating ini bertujuan untuk menyesuaikan kapasitas transformator dengan beban dilapangan agar sistem distribusi menjadi lebih stabil dan dapat mengurangi kerugian bagi pihak PT.PLN (Persero) [4].

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka dapat di rumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Berapa persentase pembebanan transformator distribusi KD 0163 sebelum diuprating?
- 2) Berapa kapasitas transformator yang digunakan untuk uprating?

1.3 Pembatasan Masalah

Berkaian dengan menghindari dari meluasnya pembahasan diluar permasalahan maka penulis dapat membatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut

- 1) Hanya membahas persentase pembebanan transformator distribusi gardu KD 0163.
- 2) Hanya membahas kapasitas transformator yang digunakan untuk uprating.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan untuk penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat mengetahui persentase pembebanan gardu distribusi KD 0163 sebelum penambahan daya transformator.
- 2) Dapat menentukan kapasitas transformator yang dibutuhkan untuk uprating

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Laporan Tugas Akhir Analisis Uprating Transformator Pada gardu KD 0163 Penyulang Pandak di Jalan Ahmad Yani, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan, dapat diambil Kesimpulannya sebagai berikut:

- 1) Pada gardu distribusi KD 0163 sebelum dilakukan uprating transformator berkapasitas 160 kVA, diketahui persentase pembebanannya sebesar 88%. Selanjutnya dilakukan penggantian transformator berkapasitas 250 kVA yaitu sebesar 57% pada saat Waktu Beban Puncak (WBP).
- 2) Berdasarkan dari hasil perhitungan peramalan kebutuhan daya listrik pada 4 tahun kedepan yaitu tahun 2025-2028 dengan transformator berkapasitas 200 kVA dan 250 kVA, maka persentase pembebanan pada tahun 2028 untuk transformator berkapasitas 200 kVA mencapai 96% sedangkan transformator berkapasitas 250 kVA pada tahun 2028 mencapai 77% pada saat Waktu Beban Puncak (WBP).
- 3) Dari hasil perhitungan persentase pembebanan transformator hingga tahun 2028, maka dapat dinyatakan bahwa transformator berkapasitas 250 kVA merupakan pilihan kapasitas yang tepat untuk mengganti transformator yang telah *overload*. Karena transformator dapat beroperasi selama 4 tahun kedepan dengan nilai persentase pembebanan tahun 2028 yaitu mencapai 77% yang masih termasuk dibawah standar PLN yaitu 80%, hasil tersebut tentu lebih baik dibandingkan transformator dengan kapasitas 200 kVA pada tahun 2028 persentase pembebanan mencapai 96%.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang ingin disampaikan dalam permasalahan Uprating Transformator sebagai berikut:

- 1) Dari hasil analisis diatas, maka penulis menyarankan untuk menjadikan transformator berkapasitas 250 kVA sebagai pilihan yang tepat untuk melakukan uprating transformator, karena dengan hasil peramalan hingga tahun 2028, transformator dengan kapasitas 250 kVA sudah termasuk ideal untuk digunakan.

- 2) Melakukan pemeliharaan rutin dan inspeksi pada gardu distribusi dari pihak PT. PLN (Persero) ULP Tabanan, berkaitan dengan perkembangan beban yang semakin meningkat untuk menghindari *overload*.
- 3) Perlu dilakukan pengukuran pembebanan transformator lebih dari satu kali oleh pihak PT. PLN (Persero) agar data yang diperoleh lebih akurat serta menjaga keandalan sistem distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wahyudi, A., & Salim, R. (2020). Peran Listrik dalam Perekonomian dan kesejahteraan Masyarakat. *Jurnal Energi*, 12(2), 45-59.
- [2]. R. N. Prakoso dan M. H. Lestari, "Evaluasi Beban Lebih pada Transformator Distribusi dan Alternatif Solusinya," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 10, no. 1, pp. 12–20, 2023
- [3]. PT PLN (Persero). (2014). Surat Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Transformator Distribusi Berbasis Manajemen Aset. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [4]. Setiawan, R., & Nugroho, A. 2021. "Studi Uprating Transformator Distribusi untuk Mengatasi Overload pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik." *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, Vol. 13, No. 1, Hal. 23–30.
- [5]. Abel, A. C. (2024). Analisis Metode Uprating Transformator Pada Gardu Distribusi Terhadap Overload di PT. PLN ULP Kupang. *Jurnal Teknologi*, 18 (1), 1-9.
- [6]. PT PLN (Persero), Buku 4 Standar Kontruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, Jakarta: PT PLN (Persero), 2010.
- [7]. Siburian, J. (2019). Karakteristik transformator. *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, 8(01), 21-28.
- [8]. Distribusi, K. B. (2007). SPLN D3. 002-1 Spesifikasi Transformator Distribusi. *Jakarta: PT PLN (Persero)*.
- [9]. A.H. Supriyanto, "Peningkatan Kinerja Transformator melalui Sisipan Transformator Baru pada Sistem Distribusi," *Jurnal Teknologi Energi*, vol. 22, no. 4, pp. 215-223, 2020.
- [10]. B. R. Wicaksono, "Studi Kelayakan Peningkatan Kapasitas Transformator 150 kVA ke 250 kVA di Jaringan Distribusi," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 24, no. 1, pp. 45-52, 2021.
- [11]. S. P. Setyawan, "Optimalisasi Manuver Beban dalam Sistem Distribusi untuk Mengatasi Overload Transformator," *Jurnal Energi Terbarukan dan Konservasi Energi*, vol. 19, no. 3, pp. 103-110, 2022.
- [12]. M. D. Khairul and S. Pramono, *Dasar Teknik Listrik dan Transformator*, Jakarta: Penerbit Andi, 2021.
- [13]. Ananta, A., & Khotimah, H. (2021). Evaluasi pemasangan gardu sisip untuk mengatasi overload pada transformator distribusi GT. TBL052 di JL. Abdul Gani.
- [14]. Frank D. Petruzella, *Elektronik Industri*, Yogyakarta: Andi, 2001.
- [15]. Putra, Wiguna Persada, et al. "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Real-Time Berbasis ESP32, Sensor PZEM 004T dan INA 219 Dengan Interface LabVIEW." *Jurnal Inovator* 8.1 (2025): 25-29.

- [16]. Putra, Jimmy Trio, Nisaun Fadhilah, and Muhammad Arrofiq. "Peramalan Beban pada Gardu Induk Mantingan dalam Penentuan Kapasitas Transformator dengan Metode Regresi Linear." *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* 15.2 (2021): 64-72