

TUGAS AKHIR

**ANALISIS UPRATUNG TRANSFORMATOR UNTUK MENGATASI
OVERBLAST PADA GARDU DISTRIBUSI MI 0588**

PENYULANG TUMBAK BAYUH



OLEH:

AGUS NUR WIBAWA

2215313026

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

TUGAS AKHIR

**ANALISA UPRATING TRANSFORMATOR UNTUK MENGATASI
OVERBLAST PADA GARDU DISTRIBUSI MI 0588**

PENYULANG TUMBAK BAYUH



OLEH:

AGUGS NUR WIBAWA

2215313026

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

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **“ANALISIS UPRATING TRANSFORMATOR UNTUK MENGATASI OVERBLAST PADA GARDU DISTRIBUSI MI 0588 PENYULANG TUMBAK BAYUH”**. Adapun tugas akhir ini di gunakan sebagai salah satu syarat untuk melanjutkan ke tahap Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan ,bantuan,bimbingan,dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan tugas akhir ini.Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus tulusnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi,SE,M,eCom. Selaku Direktur Utama Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T.selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik
4. I Gusti Ketut Abasana,S.S.T.,M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala bimbingan ,arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga proposal tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. I G A Made Sunaya, ST.MT selaku dosen pembimbing tugas akhir atas segala bimbingan ,arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga proposal tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Seluruh staff pengajar dan staf administrasi prodi Teknik Listrik Politeknik Negeri Bali,yang telah membantu penulis dalam penulisan tugas akhir ini
7. Kedua orang tua penulis,yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, suport serta atas kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis,yang merupakan anugrah terbesar dalam hidup.
8. Seluruh keluarga yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala doa dan bantuannya
9. Seluruh teman teman yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, terimakasih atas segala doa dan bantuannya

10. Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penulisan tugas akhir ini sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun akan menyempurnakan penulisan ini tugas akhir ini serta bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Badung, 21 Juli 2025

Penulis,

Agus Nur Wibawa

NIM. 2215313026

AGUS NUR WIBAWA

**ANALISA UPRATING TRANSFORMATOR UNTUK MENGATASI
OVERBLAST PADA GARDU DISTRIBUSI MI 0588 PENYULANG
TUMBAK BAYUH**

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan energi listrik menyebabkan transformator distribusi sering mengalami pembebanan berlebih (overblast) yang menurunkan efisiensi dan berpotensi merusak peralatan. Penelitian ini menganalisis uprating transformator pada Gardu Distribusi MI 0588 Penyulang Tumbak Bayuh, yang pada kondisi Waktu Beban Puncak mencapai pembebanan 86,99% dari kapasitas 160 kVA, melebihi batas ideal 80% sesuai Surat Edaran Direksi PT PLN No. 0017.E/DIR/2014. Metode penelitian meliputi pengumpulan data sekunder dari PT PLN (Persero) ULP Mengwi, pengukuran arus dan tegangan, serta perhitungan persentase pembebanan, peramalan kebutuhan daya menggunakan metode *least square*, dan analisis efisiensi transformator. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa uprating kapasitas menjadi 250 kVA dapat menurunkan pembebanan menjadi di bawah 70% hingga tahun 2028, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan penyaluran daya. Uprating ini juga mengurangi risiko panas berlebih dan *voltage drop*. Kesimpulannya, uprating transformator efektif mengatasi overblast dan menjaga kontinuitas pelayanan listrik.

Kata kunci: uprating transformator, overblast, distribusi listrik, efisiensi, PLN.

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy causes distribution transformers to frequently experience overloading (overblast), which reduces efficiency and potentially damages equipment. This study analyzes the transformer uprating at the MI 0588 Tumbak Bayuh Feeder Distribution Substation, which during Peak Load Time conditions reaches a loading of 86.99% of its 160 kVA capacity, exceeding the ideal limit of 80% according to PT PLN Directors' Circular Letter No. 0017.E/DIR/2014. The research method includes collecting secondary data from PT PLN (Persero) ULP Mengwi, measuring current and voltage, calculating the percentage of loading, forecasting power requirements using the least squares method, and analyzing transformer efficiency. The calculation results show that uprating the capacity to 250 kVA can reduce the loading to below 70% by 2028, thereby increasing the efficiency and reliability of power distribution. This uprating also reduces the risk of overheating and voltage drops. In conclusion, transformer uprating is effective in overcoming overblast and maintaining continuity of electricity service.

Keywords: transformer uprating, overblast, electricity distribution, efficiency, PLN.

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR D III	2
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	1
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	2
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME.....	3
ABSTRAK.....	4
KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR GAMBAR.....	12
DAFTAR TABEL	13
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Konsep Uprating Transformator	4
2.2 Sistem Tenaga Listrik	4
2.1.1 <i>Pengertian Sistem Tenaga Listrik</i>	5
2.1.2 <i>Komponen Sistem Tenaga Listrik</i>	5
2.2 <i>Sistem Distribusi Tenaga Listrik</i>	6
2.2.1 <i>Fungsi Sistem Distribusi</i>	6
2.2.2 <i>Jenis Sistem Distribusi</i>	6
2.2.3 <i>Konfigurasi Sistem Distribusi</i>	7
2.3 <i>Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM)</i>	7
2.3.1 <i>Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)</i>	8
2.3.2 <i>Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)</i>	9
2.3.3 <i>Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)</i>	10
2.4 <i>Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR)</i>	11
2.4.1 <i>Karakteristik Jaringan Tegangan Rendah</i>	11
2.4.2 <i>Jenis Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah</i>	12
2.4.3 <i>Fungsi Jaringan Tegangan Rendah</i>	13

2.5	Gardu Distribusi	13
2.5.1	Fungsi Gardu Distribusi.....	14
2.5.2	Jenis-Jenis Gardu Distribusi.....	14
2.5.3	Peralatan Utama pada Gardu Distribusi.....	18
2.6	Transformator	18
2.6.1	Pengertian Transformator	19
2.6.2	Prinsip Kerja Transformator.....	19
2.6.3	Jenis-Jenis Transformator	20
2.6.4	Bagian-Bagian Utama Transformator	21
2.6.5	Transformator Berdasarkan Fungsinya dalam Sistem Tenaga Listrik.....	22
2.6.6	Hubungan Antar Belitan Transformator	23
2.7	Daya Listrik.....	24
2.7.1	Daya Semu (Apparent Power)	24
2.7.2	Daya Aktif (Active Power)	25
2.7.3	Daya Reaktif (Reactive Power).....	25
2.7.4	Faktor Daya (Power Factor)	26
2.7.5	Relevansi Daya Listrik dalam Sistem Distribusi.....	27
2.8	Persentase Pembebanan Transformator.....	27
2.8.1	Kriteria Batas Pembebanan Transformator	28
2.8.2	Dampak Negatif Pembebanan Berlebih.....	28
2.8.3	Pentingnya Analisis Persentase Pembebanan	29
2.8.4	Contoh Perhitungan Persentase Pembebanan	29
2.8.5	Relevansi dengan Uprating Transformator.....	30
2.9	Efisiensi Transformator.....	30
2.10	Rugi-rugi Transformator	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
3.1	Tempat Penelitian.....	33
3.2	Metode Penelitian.....	33
3.3	Jenis Penelitian	33
3.4	Pengambilan Data	34
3.5	Analisis Data.....	35
3.6	Hasil Yang Diharapkan.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Gambaran Umum	37
4.2	Data Dasar Gardu MI 0588.....	39

4.2.1	Identitas dan Spesifikasi Utama Gardu	39
4.2.2	Arus Nominal Transformator (Perhitungan)	39
4.2.3	Metode Pencatatan Data Beban.....	40
4.2.4	Rekap Data Beban Puncak Bulanan Tahun 2024	41
4.2.5	Contoh Perhitungan Contoh Januari:	41
4.2.6	Analisis Awal Data	42
4.2.7	Kesimpulan	43
4.3	Analisis Persentase Pembebanan Sebelum Uprating.....	43
4.3.1	Dasar Perhitungan Persentase Pembebanan	43
4.3.2	Persentase Pembebanan Bulanan Tahun 2024	44
4.3.3	Analisis Data Pembebanan.....	44
4.3.4	Dampak Operasional Akibat Pembebanan Tinggi	45
4.3.5	Pembahasan Teknis	46
4.3.6	Kesimpulan	47
4.4	Perhitungan Daya Terpakai dan Pemilihan Kapasitas Trafo Uprating.....	47
4.4.1	Hasil Peramalan Beban 2025–2028	48
	Tabel 4.3 Hasil Peramalan Beban.....	48
4.4.2	Alternatif Kapasitas Transformator	49
4.4.3	Analisis Pemilihan Kapasitas	50
	BAB V PENUTUP	51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	52
	DAFTAR PUSTAKA.....	54
	LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 SUTM.....	8
Gambar 2.2 SKUTM.....	9
Gambar 2.3 SKTM.....	10
Gambar 2.4 Gardu Portal.....	15
Gambar 2.5 Gardu Beton	16
Gambar 2.6 Gardu Cantol.....	16
Gambar 2.7 Gardu Pelanggan Umum.....	17
Gambar 2.8 Transformator	19
Gambar 2.9 Transformator Step-UP.....	22
Gambar 2.10 Transformator Step-Down.....	22
Gambar 2.11 Hubungan Wye (Y).....	23
Gambar 2.12 Hubungan Delta (Δ).....	23
Gambar 3.1 Gardu Distribusi	33
Gambar 4.1 Gardu Distribusi	38
Gambar 4.2 Single Line Diagram Penyulang Kerobokan.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rugi Besi & Rugi Tembaga	32
Tabel 4.1 Rekap Data Beban Puncak Bulanan Tahun 2024	41
Tabel 4.2 Persentase Pembebanan Bulanan Tahun 2024	44
Tabel 4.3 Hasil Peramalan Beban.....	48
Tabel 4.4 Persentase Pembebanan.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan kebutuhan energi listrik hingga saat ini semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk sebagai konsumen listrik yang juga semakin bertambah. Hal ini menyebabkan pentingnya menjaga mutu pelayanan energi listrik. Sebagaimana yang kita ketahui bersama perkembangan teknologi yang semakin maju sangat bergantung pada pelayanan listrik yang baik yang andal. Oleh sebab itu PT PLN (Persero) Distribusi Bali khususnya PT PLN (Persero) ULP Mengwi harus mampu menjawab tantangan tersebut, salah satunya dengan cara melakukan uprating pada tanggal 20 november 2024, transformator distribusi untuk mengantisipasi terjadinya overblast pada transformator. Dimana oleh PT PLN (Persero) menetapkan bahwa berdasarkan Edaran Direksi Nomor : 0017.E/DIR/2014 kondisi pembebanan transformator yang cukup baik ketika beban idealnya 60%-80% terhadap kapasitasnya ^[1].

Penyulang Tumbak Bayuh merupakan sistem distribusi tegangan menengah 60 kV yang mendapat suplai daya dari Gardu Induk Kapal Trafo II. Menurut data inspeksi Gardu Distribusi ULP Mengwi tahun 2024, pada Penyulang Tumbak Bayuh transformator pada gardu distribusi MI 0588 yang berada di daerah Tiyang Tutul Pererenan. Besarnya nilai pembebanan pada transformator ini mencapai 86,99% saat kondisi Waktu Beban Puncak (WBP) jam 13:00. Transformator akan berada dalam kondisi cukup baik jika persentase pembebanannya tidak melebihi 80%. Pembebanan transformator distribusi yang sudah melebihi 80%^[2] kapasitasnya termasuk kategori overblast. Menangani overblast dengan cara uprating dari transformator berdaya 160kVA menjadi 250kVA.

Berdasarkan pada masalah, disusunlah tugas akhir ini dengan judul “ Analisis Uprating Transformator Untuk Mengatasi Overblast Pada Gardu Distribusi MI 0588 Penyulang Tumbak Bayuh“. Hasil analisis ini diharapkan dapat mengantisipasi agar Gardu Distribusi tidak overblast yang dapat menyebabkan drop tegangan, transformator panas, dan mendapatkan pembebanan yang tidak melebihi 80% dari kapasitas daya transformator.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa besar presentase pembebanan transformator MI 0588 sebelum dilakukan uprating transformator dan sesudah uprating?
2. Berapa kapasitas transformator yang tepat untuk menggantikan transformator sebelumnya dan 3 tahun yang akan datang?

1.3. Pembatasan Masalah

Dikarenakan keterbatasan kemampuan dari penulis, maka permasalahan diatas penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas meliputi:

1. Berapa besar presentase pembebanan transformator MI 0588 sebelum dilakukan uprating transformator?
2. Hanya membahas persentase pembebanan yang terjadi pada gardu MI 0588.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari pembembahasan permasalahan tersebut memiliki tujuan antara lain:

1. Menganalisa persentase pembebanan transformator sebelum dilakukan uprating.
2. Menganalisa kapasitas transformator pengganti yang tepat dalam melakukan uprating.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat penulis melaksanakan penelitian dari perumusan masalah yang ada di atas yaitu:

1. Bagi Penulis

Suatu kesempatan bagi penulis untuk mengaplikasikan teori yang diperoleh di bangku kuliah dengan apa yang terjadi di lapangan sehingga dapat menambah wawasan untuk melangkah ke dunia industri. Selain itu untuk melatih diri dan menambah pengalaman untuk beradaptasi dengan dunia kerja yang sesungguhnya.

2. Bagi Akademik

Tugas akhir ini diharapkan berguna bagi perkembangan ilmu teknik listrik, sehingga dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa selanjutnya serta mempererat kerjasama antara akademik dengan perusahaan atau instansi.

3. Bagi PLN

Tugas akhir ini diharapkan berguna bagi perkembangan ilmu teknik listrik yang ada di negara Indonesia, sehingga dapat dijadikan referensi serta dapat dijadikan acuan dalam pengerjaan yang di PT. PLN (Persero) di seluruh penjuru Indonesia

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data pembebanan trafo eksisting dan proyeksi pertumbuhan beban dengan metode regresi least square, serta simulasi persentase pembebanan untuk beberapa alternatif kapasitas transformator, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1) Kondisi transformator eksisting (250 kVA).

Transformator dengan kapasitas 250 kVA yang saat ini terpasang di Gardu MI 0588 sudah tidak mampu menampung pertumbuhan beban. Rata-rata pembebanan pada tahun 2024 mencapai 90,5%, dengan beban puncak hingga 102,7%. Nilai ini sudah melampaui batas aman 80% sesuai Surat Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014, sehingga kondisi ini dikategorikan overload dan berpotensi menurunkan keandalan suplai listrik.

2) Transformator 315 kVA.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa trafo 315 kVA dapat menurunkan pembebanan menjadi 81,5% pada tahun 2024. Namun dengan tren pertumbuhan beban sekitar 3–4% per tahun, pada tahun 2028 pembebanan trafo 315 kVA diperkirakan sudah mencapai 92,8%. Hal ini berarti trafo 315 kVA hanya dapat digunakan sebagai solusi jangka pendek (3–4 tahun) sebelum kembali ke kondisi kritis.

3) Transformator 350 kVA dan 375 kVA.

Secara teoritis, kapasitas 350 kVA atau 375 kVA memang akan menghasilkan persentase pembebanan yang lebih rendah dibanding 315 kVA, namun tetap lebih tinggi daripada 400 kVA. Akan tetapi, dalam praktik lapangan kapasitas tersebut tidak termasuk dalam standar rating transformator distribusi PLN.

Rating standar yang tersedia di pasaran umumnya adalah 160, 200, 250, 315, 400, 500, dan seterusnya. Karena tidak sesuai dengan standar PLN, maka opsi 350 kVA atau 375 kVA tidak realistis untuk dipertimbangkan.

4) Transformator 450 kVA.

Kapasitas 450 kVA secara teknis akan menghasilkan persentase pembebanan lebih rendah, yaitu berada pada kisaran 57–65% untuk tahun 2024–2028. Nilai

ini memang aman dan lebih “longgar” dibandingkan trafo 400 kVA. Namun terdapat beberapa pertimbangan penting, yaitu:

- Kapasitas 450 kVA relatif jarang tersedia sebagai produk standar PLN, sehingga kemungkinan besar memerlukan pengadaan khusus (custom) dengan biaya dan waktu pengadaan yang lebih tinggi.
- Persentase pembebanan yang terlalu rendah (<60%) berpotensi membuat rugi-rugi tanpa beban (no-load losses) menjadi lebih dominan, sehingga efisiensi operasional transformator justru menurun.
- Dari sisi ekonomi, investasi pada trafo non-standar kurang menguntungkan dibanding memilih kapasitas 400 kVA atau langsung ke 500 kVA jika memang dibutuhkan.

5) Transformator 400 kVA (Rekomendasi).

Berdasarkan hasil analisis, kapasitas 400 kVA merupakan pilihan paling optimal untuk Gardu MI 0588. Transformator ini menurunkan persentase pembebanan ke kisaran 64–73% selama periode 2024–2028, yaitu tepat di dalam rentang ideal PLN (60–80%). Selain itu, kapasitas ini tersedia sebagai rating standar PLN, sehingga mudah dalam pengadaan, lebih ekonomis, serta kompatibel dengan sistem proteksi dan infrastruktur yang ada. Dengan cadangan kapasitas yang memadai, transformator 400 kVA mampu menjamin keandalan suplai listrik setidaknya hingga tahun 2028 tanpa memerlukan penggantian ulang dalam waktu dekat.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa transformator berkapasitas 400 kVA adalah solusi uprating terbaik untuk Gardu MI 0588, karena memenuhi aspek teknis, ekonomis, efisiensi, dan kesesuaian dengan standar PLN.

5.2 Saran

1) Uprating kapasitas transformator.

PLN disarankan untuk segera melakukan penggantian transformator berkapasitas 250 kVA dengan transformator 400 kVA, agar kondisi overloading tidak berlanjut dan keandalan penyaluran listrik tetap terjaga.

2) Pertimbangan kapasitas lebih besar.

Apabila terdapat rencana pengembangan kawasan baru yang akan menambah beban signifikan di wilayah kerja Gardu MI 0588, maka kapasitas 500 kVA

dapat dipertimbangkan sejak awal. Dengan demikian, biaya investasi penggantian trafo dalam jangka panjang dapat lebih efisien.

3) Pemantauan beban secara berkala.

Beban transformator perlu dimonitor secara rutin untuk memastikan pertumbuhan beban sesuai dengan proyeksi. Jika pertumbuhan beban lebih cepat dari peramalan, maka evaluasi ulang terhadap kapasitas trafo perlu dilakukan sebelum terjadi kondisi kritis.

4) Efisiensi operasional.

Selain memperhatikan kapasitas transformator, PLN juga disarankan untuk mengelola faktor daya pelanggan melalui pemasangan kapasitor bank bila diperlukan, agar pembebanan transformator tetap efisien dan tidak terbebani daya reaktif berlebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. D. P. P. (Persero), Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset, No: 0017.E. Jakarta, 2014.
- [2] W. Sarimun, Buku Saku Pelayanan Teknik Edisi Ketiga. Depok: Garamond, 2011.
- [3]), P. P. (2010). Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik. Jakarta: PT. PLN (persero).
- [4] Sentosa, d. (2006). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan losses pada Trafo Distribusi . PT.PLN (persero), Surabaya.
- [5] K. B. Distribusi, SPLN D3.002-1 Spesifikasi Transformator Distribusi. Jakarta: PT PLN (Persero), 2007.
- [6]) SE. DIR.PLN.No.0017 Tahun 2014