

Analisis Dampak Pembebanan Lebih Pada Kinerja Gardu Hubung Lueng Bata PT. PLN (Persero) ULP. Merduati Kota Banda Aceh

Zarril Ghafari^{1*)}, Syukri^{2*)}, Muliadi³⁾, Cut Daili⁴⁾ dan Kamarullah⁵⁾

^{1, 2,3,4)} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda

⁵⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda

Jln. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: zarril9645@gmail.com, syukrie0383@gmail.com

Naskah Masuk: Juni 2026; Diterima: Juni 2026; Terbit: Juli 2026

ABSTRACT

Population growth and increasing economic activity contribute to increasing electricity demand. This can affect the operational capacity of distribution substations, especially if the distributed electrical load approaches or exceeds the maximum capacity limit of the transformer. Overload conditions at the substation can cause various technical problems, such as power outages, equipment damage, increased operational temperatures, and decreased efficiency of the overall distribution system. Distribution substations BAT 082-00, BAT 085-00, and BAT 086-00 at ULP Merduati are substations that play an important role in distributing electricity to customers in several densely populated areas. Analysis of the load conditions at these substations is very necessary to identify potential overloads and their impact on the reliability of the distribution system. The purpose of this study is to analyse the load conditions at distribution substations BAT 082-00, BAT 085-00, and BAT 086-00 of PT. PLN (Persero) ULP. Merduati, Banda Aceh City. The analysis results show that of the three substations studied, only the BAT 086-00 substation has exceeded 80% (PLN's standardisation limit), which is 98.78%. However, the other two substations, namely BAT 082-00 and BAT 085-00, are still in safe condition, each having a loading percentage of 17.86% and 24.53%, respectively.

Keywords: *Distribution substation, overload, transformer capacity, load current, electrical energy.*

ABSTRAK

Pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi yang meningkat berkontribusi pada meningkatnya permintaan listrik. Hal ini dapat memengaruhi kapasitas operasional gardu distribusi, terutama jika beban listrik yang disalurkan mendekati atau melebihi batas kapasitas maksimal transformator. Kondisi pembebanan lebih (overload) pada gardu dapat menyebabkan berbagai permasalahan teknis, seperti pemadaman listrik, kerusakan peralatan, peningkatan suhu operasional, dan penurunan efisiensi sistem distribusi secara keseluruhan. Gardu distribusi BAT 082-00, BAT 085-00, dan BAT 086-00 di ULP Merduati merupakan gardu yang berperan penting dalam mendistribusikan listrik kepada pelanggan di beberapa wilayah padat penduduk. Analisis terhadap kondisi beban pada gardu-gardu ini sangat diperlukan untuk mengidentifikasi potensi pembebanan lebih dan dampaknya terhadap keandalan sistem distribusi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kondisi pembebanan pada gardu distribusi BAT 082-00, BAT 085-00, dan BAT 086-00 PT. PLN (Persero) ULP. Merduati Kota Banda Aceh. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari ketiga gardu yang diteliti, hanya gardu BAT 086-00 yang sudah melebihi 80 % (batas standarisasi PLN), yaitu sebesar 98,78%. Namun, kedua gardu yang lain, yaitu BAT 082-00 dan BAT 085-00, masih dalam kondisi aman; masing-masing memiliki persentase pembebanan 17,86% dan 24,53%.

Kata Kunci: *Gardu distribusi, pembebanan lebih, kapasitas transformator, arus beban, energi listrik.*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah kebutuhan dasar dalam kehidupan modern. Hampir semua aktivitas masyarakat bergantung pada ketersediaannya. Hal ini berlaku untuk sektor rumah tangga, industri, dan fasilitas publik. Dalam menjadi perusahaan penyedia tenaga listrik terbesar di Indonesia, PT. PLN (Persero) memiliki peran strategis dalam menjamin kontinuitas dan keandalan pasokan listrik kepada pelanggan. Dalam sistem penyaluran tenaga listrik, gardu distribusi

memegang perannya yang krusial sebagai penghubung antara sistem transmisi dan konsumen, dengan fungsi utama menyalurkan energi listrik pada tingkat tegangan yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan [1].

Di Kota Banda Aceh, PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Merduati menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas dan keandalan distribusi listrik seiring meningkatnya konsumsi energi listrik. Pertumbuhan jumlah penduduk serta perkembangan aktivitas ekonomi

menyebabkan kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi kemampuan operasional gardu distribusi, khususnya apabila beban yang ditanggung mendekati bahkan melampaui kapasitas nominal transformator. Pembebanan berlebih (*overloading*) pada gardu distribusi dapat menimbulkan berbagai permasalahan teknis, seperti terjadinya gangguan pemadaman, kerusakan peralatan, peningkatan temperatur operasi transformator, serta menurunnya efisiensi dan keandalan sistem distribusi secara keseluruhan [2][3].

Gardu distribusi BAT 082-00, BAT 085-00, dan BAT 086-00 di wilayah kerja ULP Merduati merupakan gardu yang mempunyai peranannya yang krusial dalam memberikan saluran energi listrik ke kawasan dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Oleh karena itu, analisis terhadap kondisi pembebanan pada gardu-gardu tersebut perlu dilakukan untuk mengidentifikasi potensi terjadinya *overloading* serta dampaknya terhadap performa dan keandalan sistem distribusi. Melalui pemahaman terhadap kondisi operasional aktual gardu distribusi, PT. PLN (Persero) mampu menjadi penentu langkah maupun strategi yang tepat dalam menjaga stabilitas jaringan listrik serta meminimalkan risiko gangguan yang dapat merugikan pelanggan [4][5].

Adapun kondisi pembebanan gardu distribusi akibat pembebanan lebih yang berpotensi mengganggu operasional, maka perlu adanya pemeliharaan dan pengidentifikasian gardu-gardu jaringan listrik tersebut [6][7].

Hal ini dapat meningkatkan kualitas suplai listrik ke pelanggan, mengurangi potensi pemadaman, meningkatkan kepuasan layanan, serta menekan kerugian PLN.

II. METODE

Hasil dalam penelitian tentang analisis dampak pembebanan lebih pada gardu atau transformator distribusi di PT. PLN (Persero) ULP. Merduati Kota Banda Aceh.

A. Data Penelitian

Ada tiga lokasi gardu atau trafo yang dijadikan objek penelitian, yaitu: Pertama, BAT 082-00 Desa Ateuk Jawo dengan kapasitas trafo terpasang 100 kVA, kedua, BAT 085-00 Ateuk Munjeng dengan kapasitas trafo terpasang 100 kVA, dan ketiga, BAT 086-00 Desa Ateuk Munjeng dengan kapasitas terpasang 100 kVA. Adapun data teknis dari ketiga gardu atau trafo yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Data teknik gardu BAT 082-00

TABEL 1. DATA GARDU BAT 082-00

Nama trafo	Trafindo
Daya nominal	100 kV
Standar	SPLN: 2012-100-H
Tegangan primer	20 kV
Tegangan sekunder	400 kV
Arus primer	2,8 A
Arus sekunder	144 A
Hubungan	Dyn5
Impedansi	4.0%

2. Data teknik gardu BAT 085-00

TABEL 2. DATA GARDU BAT 085-00

Nama trafo	Sintra
Daya nominal	100 kV
Standar	SPLN: 2012-100-H
Tegangan primer	20 kV
Tegangan sekunder	400 kV
Arus primer	1,4 A
Arus sekunder	72 A
Hubungan	Dyn5
Impedansi	4.0%

3. Data teknik gardu BAT 086-00

TABEL 3. DATA GARDU BAT 086-00

Nama trafo	Trafindo
Daya nominal	100 kV
Standar	SPLN: 2012-100-H
Tegangan primer	20 kV
Tegangan sekunder	400 kV
Arus primer	2,88 A
Arus sekunder	144 A
Hubungan	Dyn5
Impedansi	4.0%

B. Metode Perolehan Data

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan sistematis. Hal ini bertujuan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian, di antaranya:

- Observasi, dilaksanakan dengan mencatat teratur berbagai fenomena yang mempunyai kaitannya dengan objek setelah terlebih dahulu melaksanakan pengamatan. Pengumpulan data melalui teknik ini dilaksanakan melalui keterlibatan langsung maupun sebaliknya.
- Wawancara, dipergunakan sebagai sarana untuk mendapatkan data dengan cara menggali informasi dari narasumber melalui interaksi komunikasi yang berlangsung dalam bentuk tanya jawab di antara kedua pihak.
- Dokumentasi, dimanfaatkan guna mendapatkan data dari berbagai sumber tertulis yang tersedia. Melalui teknik ini, informasi didapat dari dokumen yang dimiliki informan, termasuk berbagai bentuk karya budaya, karya seni, maupun hasil pemikiran yang terdokumentasi.

C. Metode Analisis

Dalam metode analisis, penentuan nilai GGL induksi pada transformator dilaksanakan [8][9].

$$e_p = N_p \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Keterangan:

e_p = GGL induksi pada kumparan primer (V)
 N_p = Total lilitan pada sisi primer
 d_ϕ = Laju pergeseran atau selisih perubahan fluks magnet
 dt = Durasi waktu (detik)

Perhitungan arus beban penuh [10]

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (2)$$

Keterangan:

S = Daya transformator (kVA)
 V = Tegangan sisi primer transformator (kV)
 I = Arus jala-jala (A)

Arus beban penuh [11],[12] :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V} \quad (3)$$

Keterangan :

I_{FL} = Arus beban penuh (A)
 S = Daya Transformator (KVA)
 V = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Arus hubung singkat [13]

$$I_{sc} = \frac{S \cdot 100}{\%Z \cdot \sqrt{3}V} \quad (4)$$

Keterangan:

I_{sc} = Arus hubung singkat (A)
 S = Daya trafo (kVA)
 $\% Z$ = Impedansi trafo dalam persen
 V = Tegangan fasa-fasa pada sisi tegangan rendah (kV)

Daya transformator [14]

$$S = \sqrt{3}IV_{fasa-fasa} \quad (5)$$

Persentase daya pemakaian

$$Persentase\ Trafo = \frac{daya\ beban\ Total}{daya\ Terpasang} \times 100\% \quad (6)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Arus Beban Maksimal Transformator

Sebagaimana arus beban maksimal sejalan dengan kapasitas dayanya, pembebanan transformator diharapkan tidak lebih dari arus maksimal sisi sekunder transformator.

- Dalam trafo distribusi dengan kapasitas dayanya BAT 082-00, arus maksimalnya didapatkan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V}$$

$$I_{FL} = \frac{100\text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

$$I_{FL} = \frac{100.000\text{ VA}}{1.732.400}$$

$$I_{FL} = \frac{100.000\text{ VA}}{692,8}$$

$$I_{FL} = 144,342\text{ A}$$

- Untuk trafo distribusi dengan kapasitas daya BAT 085-00, arus maksimalnya didapatkan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V}$$

$$I_{FL} = \frac{100\text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

$$I_{FL} = \frac{100.000\text{ VA}}{1.732.400}$$

$$I_{FL} = \frac{100.000\text{ VA}}{692,8} = I_{FL} = 144,342\text{ A}$$

- Untuk trafo distribusi dengan kapasitas daya BAT 086-00, arus maksimalnya didapatkan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V}$$

$$I_{FL} = \frac{100\text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

$$I_{FL} = \frac{100.000\text{ VA}}{1.732.400}$$

$$I_{FL} = \frac{100.000\text{ VA}}{692,8}$$

$$I_{FL} = 144,342\text{ A}$$

B. Hasil Pengukuran Beban Trafo Distribusi BAT 082-00, BAT 085-00 & BAT 086-00

Dari data sekunder yang bersumber dari ULP Merduati Kota Banda Aceh, yaitu berupa arus beban trafo distribusi, tegangan fasa-fasa, dan tegangan fasa-netral pada trafo distribusi BAT 082, BAT 085 dan BAT 086-00. Sebagaimana Tabel 4. Pada Tabel 4 di atas, data hasil pada trafo distribusi BAT 082, BAT 085 dan BAT 086-00. Data-data tersebut di atas dipergunakan untuk menghitung daya pemakaian per jurusan, daya beban total trafo, daya pemakaian trafo, dan menghitung pembebanan maksimal trafo distribusi BAT 082, BAT 085 dan BAT 086-00.

TABEL 4. HASIL PENGUKURAN TRAFU DISTRIBUSI BAT 082, BAT 085, DAN BAT 086-00

Kode Trafo	Jurusan	Arus Beban (Ampere)			Tegangan Fasa ke Fasa (Volt)			Tegangan Fasa ke Netral (Volt)		
		R	S	T	R-S	R-T	S-T	R	S	T
BAT 082-00	1	8	9	4	400	409	413	231	234	240
	2	9	22	24	400	409	413	231	234	240
BAT 085-00	1	8	6	3	411	407	401	234	232	230
	2	50	37	28	411	407	401	234	232	230
BAT 086-00	1	2	4	3	392	407	401	229	226	235
	2	61	47	42	392	407	401	229	226	235

C. Menghitung Daya Pemakaian Perjurusan, Beban Total, dan Persentase Daya Gardu BAT 082-00

1. Menghitung daya perjurusan pada gardu atau trafo distribusi BAT 082-00

Jurusan 1:

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V_{fas-fasa}$$

$$S = \sqrt{3} \left(\frac{8+9+4}{3} \right) \times \left(\frac{400+409+413}{3} \right)$$

$$S = \sqrt{3} \left(\frac{21}{3} \right) \times \left(\frac{1.222}{3} \right)$$

$$S = 1,732 \times 7 \times 407$$

$$S = 4934,5 \text{ VA}$$

$$S = 4,934 \text{ kVA}$$

Jurusan 2:

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V_{fas-fasa}$$

$$S = \sqrt{3} \left(\frac{9+22+24}{3} \right) \times \left(\frac{400+409+413}{3} \right)$$

$$S = \sqrt{3} \left(\frac{55}{3} \right) \times \left(\frac{1.222}{3} \right)$$

$$S = 1,732 \times 18,33 \times 407$$

$$S = 12921,3 \text{ VA}$$

$$S = 12,92 \text{ kVA}$$

2. Menghitung Beban Trafo

Daya beban total = Daya jurusan 1 + Daya jurusan 2

$$= 4,934 \text{ kVA} + 12,92 \text{ kVA}$$

$$= 17,86 \text{ kVA}$$

3. Menghitung persentase daya pemakaian trafo (%)

$$\begin{aligned} \text{Daya Pemakaian Trafo (\%)} \\ &= \frac{\text{Daya Beban Total}}{\text{Daya Terpasang}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Pemakaian Trafo (\%)} \\ &= \frac{17,86 \text{ kVA}}{100 \text{ kVA}} \times 100\% \\ &= 0,1786 \times 100\% \\ &= 17,86\% \end{aligned}$$

Dari proses perhitungan tersebut, maka didapatkan daya pemakaian perjurusan, yaitu jurusan 1 sebesar 4,934 kVA dan jurusan 2 sebesar 12,92 kVA. Beban total trafo sebesar 17,86 kVA, dan persentase daya gardu BAT 082-00 yaitu sebesar 17,86 %. Dengan menggunakan perhitungan yang sama, maka untuk gardu BAT 085-00, dan BAT 086-00 hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 5:

TABEL 5. HASIL ANALISA DAN PERHITUNGAN

No	Gardu	Daya Terpasang (kVA)	Beban Total Trafo (kVA)	Daya Pemakaian Trafo (%)
1	BAT 082-00	100	17,86	17,86
2	BAT 085-00	100	24,53	24,53
3	BAT 086-00	100	98,78	98,78

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan bahwasanya tidak terjadi pembebanan lebih pada ketiga gardu atau trafo distribusi yang diteliti yaitu gardu BAT 082-00, BAT 085-00, dan BAT 086-00. Pada gardu BAT 082-00, BAT 085-00, dan BAT 086-00 daya terpasang masing-masing sebesar 100 kVA, namun beban total yang dilayani oleh gardu BAT 082-00 dan BAT 085-00 masih sangat sedikit, yaitu masing-masing sebesar 0,1786 kVA dan 0,2453 kVA atau 17,86% dan 24,53%. Sedangkan pada gardu BAT 086-00 dengan daya terpasang sebesar 100 kVA, beban total yang dilayani oleh gardu tersebut sebesar 0,9878 kVA atau sebesar 98,78%. Dari hasil ini dapat ditarik simpulan bahwasanya gardu tersebut mengalami drop tegangan baik dari sisi kirim maupun sisi terima atau sisi pelanggan sehingga dapat dikatakan dua gardu yang diteliti masih dalam kondisi baik dan tidak terjadi pembebanan lebih, yaitu masih di bawah 80%, sedangkan satu gardu yang diteliti mengalami pembebanan lebih (*overload*), yaitu 98,78% dan sudah melebihi dari standardisasi PLN, yaitu 80%.

IV. KESIMPULAN

Sebagaimana hasil analisa maupun perhitungan, maka ditarik simpulan bahwasanya gardu trafo distribusi BAT 082-00 dan BAT 085-00 tidak mengalami pembebanan lebih, sedangkan BAT 086-00 mengalami pembebanan lebih. Gardu trafo distribusi BAT 082-00 dan BAT 085-00, masing-masing memiliki beban total yang dilayani sebanyak 17,86 kVA, 24,53 kVA, dan BAT 086-00 memiliki beban total yang dilayani sebesar 98,78 kVA. Persentase daya pemakaian gardu atau trafo distribusi BAT 082-00 dan BAT 085-00 masing-masing masih di bawah 80%, yaitu 17,86% dan 24,53%, sedangkan BAT 086-00 sudah melewati batas standardisasi PLN, yaitu 80%, dengan beban total sebesar 98,78 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada PT. PLN (Persero) ULP. Merduati Kota Banda Aceh yang telah mendukung kajian ini melalui penyediaan data beban pada Gardu Hubung Lueng Bata.

REFERENSI

- [1] A. Saiful and A. Ektianto, "Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) Rayon Cepu," vol. 15, no. 1, pp. 35–42, 2021.
- [2] H. A. Soo, G. S. M. Amaheka, and J. G. Matekohy, "Analisis Dampak Pembebanan Lebih Transformator Terhadap Penyulang Sulamadaha Gardu Gt-Solba Ternate Maluku Utara," J. Simetrik, vol. 11, no. 1, pp. 432–439, 2021, doi: <https://doi.org/10.31959/js.v15i1.3129>.
- [3] H. Tanamal, A. Herawati, N. Daratha, and I. N. Anggraini, "Analisis Pengaruh Beban Tak Seimbang Terhadap Arus Netral Pada Trafo IV GI Sukamerindu Bengkulu," J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput., vol. 9, no. 2, pp. 7–13, 2019, doi: [10.33369/jamplifier.v9i2.15377](https://doi.org/10.33369/jamplifier.v9i2.15377).
- [4] K. Y. Mubarak and M. P. Marbun, "TIN : Terapan Informatika Nusantara Evaluasi Gangguan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) TIN : Terapan Informatika Nusantara," vol. 6, no. 9, pp. 1620–1627, 2026, doi: [10.47065/tin.v6i9.9280](https://doi.org/10.47065/tin.v6i9.9280).
- [5] M. A. Teguh and T. Rijanto, "Penentuan Kerugian Ekonomis Berdasarkan Nilai Saidi, Saifi Dan Caidi Menggunakan Metode Section Technique Di Pt. Pln Distribusi Area Gresik.," J. Tek. Elektro, vol. 08, no. 02, pp. 445–452, 2019.
- [6] S. Syukri, T. M. Asyadi, M. Muliadi, and F. Moesnadi, "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249," Jambura J. Electr. Electron. Eng., vol. 4, no. 2, pp. 202–206, 2022, doi: [10.37905/jjee.v4i2.14500](https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.14500).
- [7] S. Saiful, M. Nasrun, S. Suryani, and Z. Zainuddin, "Analisis Dampak Overload dan Penambahan Trafo Sisipan pada Penyulang Unit Layanan Pelanggan (ULP) Takalar," J. Impresi Indones., vol. 2, no. 5, pp. 483–497, 2023, doi: [10.58344/jii.v2i5.2442](https://doi.org/10.58344/jii.v2i5.2442).
- [8] S. Bahri, R. Gianto, and M. I. Arsyad, "Studi Pertambahan Beban Transformator Daya Pada Gardu Induk Parit Baru PT. PLN (Persero) Cabang Pontianak," Online, vol. 2, p. 8, 2015, [Online]. Available: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/11265>.

- [9] U. Aribowo and P. Wahyudi, "Studi Pengaruh Arus Inrush Transformator Dengan Metode Sequential Phase Energization Tanpa Beban Menggunakan Software ATP-EMTP," 2019.
- [10] M. S. B. M. Dendi Kongah, "Analisis Pembebanan Tranformator Gardu Selatan Universitas Tadulako," *J. MEKTRIK*, vol. 1, no. 1, pp. 11–19, 2014.
- [11] S. T. Elektro, F. Teknik, U. N. Surabaya, S. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Terhadap Rugi Daya (*Losses*) Dengan Digsilent Power Factory di PT . PLN (Persero) ULP Ngunut Arifran Bima Prayoga Bambang Suprianto Abstrak," 2019.
- [12] Muliadi, Syukri, T. M. Asyadi, and A. Salim, "Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Penyulang Mibo Rayon Merduati," *Aceh J. Electr.*, vol. 2, no. 2, pp. 7–12, 2022.
- [13] A. Ahmad gaffar, "Analisis Gangguan Hubung Singkat pada jaringan distribusi 20kv di GI Panakukang," vol. 14, no. 2, pp. 156–162, 2017.
- [14] Pelpinus Sinay, "Kajian Unjuk Kerja Beban Tidak Seimbang Pada Trafo Open Delta," *J. Simetrik*, vol. 7, no. 1, p. 19, 2017.