

## ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI DAN TEKNIK SISIP TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PADA GARDU KTB-09 PT PLN (PERSERO) UP3 MASOHI

Zulfikar Rezki Renyaan<sup>1\*</sup>, B. J. Camerling<sup>1</sup>, R. A. de Fretes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

\* E-mail: [penuliskorespondensi@email.com](mailto:penuliskorespondensi@email.com)

### ABSTRAK

*Gardu KTB-09 yang terletak pada Penyulang Kota-B dalam data pembebanannya mencapai 112% dari kapasitasnya yaitu 50 kVA dengan tegangan ujung sebesar 205V dan mengalami penurunan (drop tegangan) sebesar 12%. Pembebanan tersebut melampaui dari kapasitas maksimum transformator standar 80%. Jatuh tegangan yang diakibatkan dari hal tersebut sudah melebihi dari SPLNT6.001-2013 sebesar  $\pm 10\%$  untuk tegangan rendah. Untuk mengatasi hal tersebut diterapkan pemasangan transformator sisipan. Dengan pembebanan yang semula dari 112% menjadi 66.60% dari kapasitas 50 kVA, tegangan ujung dengan adanya sisip transformator semula sebesar 205 V dengan jatuh tegangan sebesar 12,7% naik menjadi 212 V dengan persentase jatuh tegangan yang menurun menjadi 8,2%. Pelaksanaan sisip trafo efektif untuk mengatasi kelebihan beban (over load) dan perbaikan tegangan ujung. Penerapan metode rantai nilai terhadap transformator sisip mampu menghasilkan efisiensi, peningkatan pendapatan dan perbaikan kualitas pelayanan serta mengetahui ada atau tidaknya nilai tambah yang dihasilkan. Dengan efisiensi dari potensi kerusakan transformator sebesar Rp 62.999.166., peningkatan pendapatan dari losses transformator sebesar Rp 23.023.087./tahun dengan nilai investasi sebesar Rp 104.921.753.*

**Kata Kunci:** beban lebih, penurunan tegangan, sisip transformator, efisiensi, peningkatan pendapatan

### ABSTRACT

*The KTB-09 substation which is located at Feeder Kota-B in the load data reaches 112% of its capacity of 50 kVA with a tip voltage of 205V and a voltage drop of 12%. The loading exceeds the maximum capacity of the standard transformer of 80%. The drop-voltage caused by this has exceeded the SPLNT6.001-2013 by  $\pm 10\%$  for low voltage. To overcome this, the installation of an insert transformer is applied. With the initial loading from 112% to 66.60% of the 50 kVA capacity, the end voltage with the original transformer insert was 205 V with a voltage drop of 12.7% increased to 212 V with the percentage drop in voltage decreased to 8.2%. The implementation of the transformer insert is effective to overcome the overload and improve the end voltage for. The application of the value chain method to the insert transformer is able to produce efficiency, increase revenue and improve service quality and determine whether or not there is added value generated. With the efficiency of the potential damage to the transformer of Rp 62.999.166., increased income from transformer losses of Rp 23,023,087./year with an investment value of Rp 104,921,753.*

**Keywords:** Overload, voltage drop, transformer insertion, efficiency, revenue increase.

## 1. PENDAHULUAN

Di era kemajuan zaman dan teknologi saat ini yang semakin pesat seiring dengan naiknya tarap perekonomian masyarakat maka besar pula kebutuhan dan permintaan akan energi listrik

yang terus menerus meningkat. Energi listrik tidak hanya digunakan oleh rumah tangga saja, listrik juga digunakan di daerah-daerah industri, fasilitas umum, penerangan jalan, layanan jasa, dan lain sebagainya. Konsumsi energi listrik yang terus-menerus meningkat perlu diimbangi dengan penyaluran energi listrik yang baik atau memadai dan memenuhi standar sesuai ketetapan yang berlaku guna peningkatan kualitas pelayanan terhadap pelanggan.

Proses penyaluran energi listrik sendiri berasal dari pembangkitan, kemudian didistribusikan dengan tegangan menengah hingga tegangan rendah ke pelanggan. Hal tersebut tidak terlepas dengan permasalahan yang muncul dalam proses pendistribusian energi listrik. Permasalahan yang berpotensi muncul salah satunya transformator distribusi yang dibebani melebihi kapasitas beban (*overload transformer*). Dalam acuan kurva efisiensi transformator dapat pula dilihat untuk memperoleh efisiensi transformator yang tinggi dengan rugi transformator rendah, transformator dibebankan dibawah kapasitas maksimum transformator tersebut. Sesuai dengan standar PLN, kapasitas transformator dinyatakan overload jika beban melebihi 80% dari kapasitas transformator itu sendiri (Wahyudi Widiatmika et al., 2018). Masalah lain yang berpotensi muncul adalah jatuh tegangan (*drop voltage*) memiliki dampak pada sisi pelayanan terhadap pelanggan serta mengurangi kepuasan pelanggan dalam menggunakan layanan kelistrikan. Pemicu transformator *Overload* dan jatuh tegangan disebabkan terus meningkatnya pemakaian energi listrik pada pelanggan. Selain itu juga, dengan adanya masalah *overload* transformator maka akan mengurangi umur peralatan yang berisiko terjadi kerusakan, kerusakan tersebut akan merugikan perusahaan dari sisi materiel, finansial serta menurunkan kinerja pelayanan terhadap pelanggan.

Pada Gardu KTB-09 yang terletak di desa Pahlawan, Kecamatan Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah pada Penyulang Kota-B wilayah kerja dari PT PLN (Persero) UP3 Masohi dalam data pembebanannya mencapai 112% ( $\pm 56.188$  kVA) dari kapasitasnya yaitu 50 kVA dengan tegangan ujung dari gardu mengalami penurunan daripada semestinya sebesar 205 V atau presentase *drop voltage* sebesar 12.7%. Pembebanan tersebut melampaui dari kapasitas maksimum transformator standar yaitu 80%. Jatuh tegangan yang ditimbulkan sudah melebihi dari SPLNT6.001-2013 sebesar  $\pm 10\%$  untuk tegangan rendah. Untuk mengatasi hal tersebut dapat diterapkan yaitu pemasangan transformator sisipan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kelayakan ekonomi proyek pembangunan gardu sisip pada Gardu KTB-09 di PT PLN (Persero) UP3 Masohi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### a. *Transformator Distribusi*

Transformator distribusi adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah (Permata & Lestari, 2020). Tujuan dari penggunaan transformator distribusi adalah untuk mengurangi tegangan utama dari sistem distribusi tenaga listrik menjadi tegangan untuk penggunaan konsumen.

Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator *step down* 20 kV/400 kV 3 fasa dan 1 fasa, dan ada juga yang menggunakan tiga buah transformator 1 fasa. Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah 380 Volt. Karena terjadi drop tegangan, maka pada tegangan rendahnya dibuat diatas 380 Volt agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380 Volt.

### b. *Kualitas Daya Listrik*

Sistem penyaluran pada distribusi tenaga listrik yang disalurkan ke konsumen akan berpengaruh terhadap kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Kualitas daya listrik ialah suatu konsep penggambaran baik dan buruknya mutu daya listrik diakibatkan karena gangguan pada sistem ketenaga listrikan. Taraf ukur keandalan serta kualitas terhadap daya listrik ditentukan oleh parameter-parameter yaitu:

- Frekuensi (Hz) merupakan penjumlahan dari siklus arus bolak-balik per satuan detik.

- Tegangan (V) yang dimana harus memiliki tegangan yang baik, tegangan yang baik ialah tegangan yang stabil pada nilai yang telah ditentukan. Pemadaman listrik, baik yang direncanakan maupun yang tidak direncanakan.

### c. *Overload Transformator Distribusi*

Beban lebih (overload) adalah suatu keadaan dimana beban listrik melebihi kapasitas yang tersedia semakin meningkat dalam lingkup masyarakat atau adanya gangguan dalam penyaluran terhadap pembebanan yang menyebabkan transformator menghasilkan panas yang berlebih. Suatu transformator daya akan bekerja secara kontinu apabila transformator berada pada beban nominalnya. Menurut SPLN, transformator dikatakan overload apabila beban transformator melebihi 80% dari kapasitas transformator atau arus nominalnya. Jika terjadi *overload*, transformator akan mengalami suatu pemanasan yang berlebih dan nantinya pada transformator akan lebih mempersingkat umur isolasi.

Untuk mengetahui persentase rata-rata pembebanan gangguan transformator jika mengalami keadaan overload (beban lebih) diatas 80%, menurut SPLN dalam perbaikan pembebanan pada transformator untuk semua jumlah transformator yang mengalami overload dapat menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Beban} = (\text{S Total Beban}) / (\text{S Transformator}) \times 100\%$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{S Total Beban} &= \text{Daya Total Beban Yang Tersalurkan (KVA)} \\ \text{S Transformator} &= \text{Daya Pada Transformator (KVA)} \end{aligned}$$

### d. *Jatuh Tegangan (Drop Voltage)*

Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan. Jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admintansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Jatuh tegangan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \Delta V &= I \times (R+jX) \\ &= I \times Z \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} I &= \text{Arus (A)} \\ Z &= \text{Impedansi } (\Omega) \\ \Delta V &= V_s - V_r \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \Delta V &= \text{drop tegangan (V)} \\ V_s &= \text{tegangan kirim (V)} \\ V_r &= \text{tegangan terima (V)} \end{aligned}$$

Maka besar nilai persentase (%) rugi tegangan adalah :

$$\Delta V (\%) = \Delta v / v \times 100 \%$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \Delta V (\%) &= \text{rugi tegangan dalam \%} \\ V &= \text{tegangan kerja (V)} \\ \Delta V &= \text{rugi tegangan (V)} \end{aligned}$$

### e. *Sisip Transformator*

Sisip transformator merupakan suatu metode penambahan kapasitas daya dari pada transformator yang mengalami overload dengan menambah transformator baru dan di tempatkan pada area dekat dengan transformator yang lama (Harahap et al, 2019). Sisip transformator berfungsi untuk mengambil alih sebagian beban pada transformator yang lama dengan harapan dapat menanggulangi terjadinya permasalahan overload transformator serta memperbaiki jatuh tegangan pada ujung jaringan.

#### **f. Analisis Kelayakan Ekonomi**

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan dengan tujuan untuk memilih penyediaan infrastruktur yang paling tepat. Ketepatan tersebut ditentukan berdasarkan lebih besarnya peningkatan kehidupan ekonomi dan sosial yang bisa dihasilkan dibandingkan dengan alternatif penyediaan infrastruktur lainnya. Dengan penerapan analisis kelayakan ekonomi yang sesuai, penyediaan infrastruktur publik akan mendorong pertumbuhan kehidupan ekonomi dan sosial berdasarkan prinsip-prinsip demokrasi ekonomi sesuai dengan amanat UUD 1945.

Analisis kelayakan ekonomi digunakan untuk memastikan apakah manfaat ekonomi yang dihasilkan dari suatu penyediaan infrastruktur memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan biaya ekonominya. Tantangan dari analisis ini adalah, pertama, tidak semua manfaat dan biaya tersebut terefleksi dalam arus kas yang terjadi dalam rangka penyediaan infrastruktur. tantangan yang kedua akibat harga finansial yang terjadi di pasar tidak sama dengan harga ekonominya.

#### **g. Cost-Benefit Analysis**

Analisis kesejahteraan ekonomi dengan cost-benefit dibangun oleh Kaldor-Hicks atau yang lebih dikenal dengan Hukum K-H (Stringham, 2001). Hukum K-H menyatakan bahwa, walaupun sebagian dari anggota masyarakat mengalami worse off sebagai hasil proyek, proyek memberikan manfaat lebih jika kenaikan dari proyek dapat mengkompensasi anggota yang mengalami kerugian. Pareto menyatakan kelayakan proyek diterima jika kesejahteraan masyarakat meningkat atau masyarakat (*social improvement*) dengan beberapa orang yang merasa lebih baik (*better off*) dan tidak ada yang dirugikan (*worse off*) kondisi ini juga dikenal dengan Pareto Improvement (Gunawan 2015).

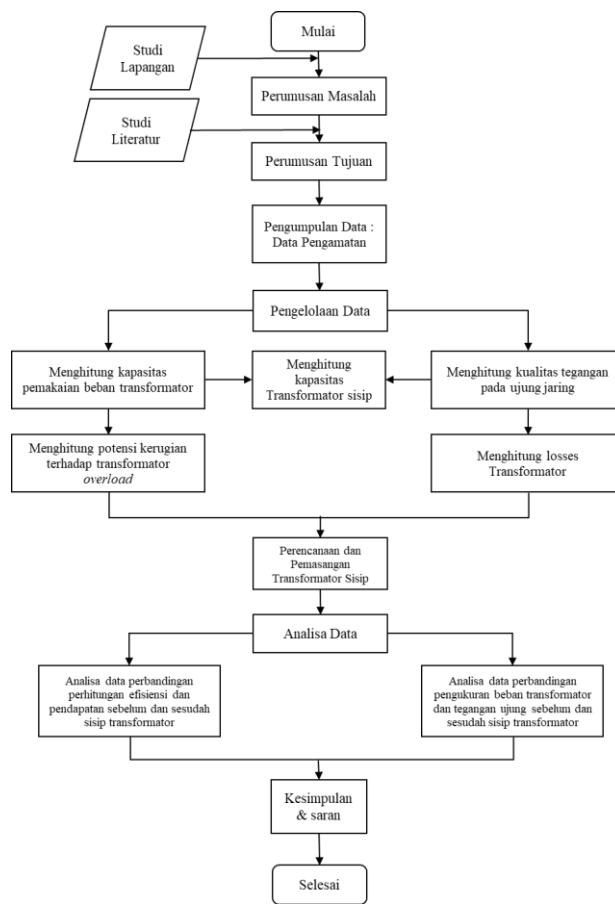
Analisis cost-benefit sering digunakan untuk memutuskan apakah suatu proyek atau kebijakan mampu memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Analisis cost-benefit ini dijadikan suatu alat dalam proses pengambilan keputusan guna mengevaluasi kelayakan suatu proyek atau kebijakan yang akan dilaksanakan dalam suatu negara. Proyek yang memberikan kontribusi negatif lebih besar dari pada kontribusi positif terhadap kesejahteraan masyarakat, maka hendaknya kelanjutan proyek atau kebijakan tersebut dapat dipertimbangkan kembali untuk dicarikan alternatif lain atau bahkan dihapus atau ditolak (Likke et al, 2000).

Sama seperti pendapat Perkin menurut Siegel dan Shimp menyatakan secara umum Cost Benefit Analysis (CBA) adalah cara untuk menentukan apakah hasil yang menguntungkan dari sebuah alternatif, akan cukup untuk dijadikan alasan dalam menentukan biaya pengambilan alternatif. Analisis ini telah dipakai secara luas dalam hubungannya dengan proyek pengeluaran modal.

Konsep CBR sederhananya mengukur dan mengenali manfaat (benefit) dan biaya (cost) atas suatu proyek yang kemudian diperbandingkan. Walaupun terlihat sederhana, dalam pelaksanaannya kesulitan dalam analisis ini berhubungan dengan bagaimana mengenal dan mengukur manfaat, bagaimana mengenal dan mengukur biaya, bagaimana menentukan waktu dan tingkat diskonto (*discount rate*).

### **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan penelitian. Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah studi pendahuluan, perumusan masalah dan tujuan penelitian, studi pustaka, pengumpulan data, analisa data dan perhitungan serta kesimpulan dan saran. Adapun diagram alir dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada wilayah kerja PLN UP3 Masohi di Penyulang Kota-B Gardu KTB-09, pengambilan data awal pada Minggu, 08 Mei 2022 pada pukul 20:25 WIT dengan didapatkan hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengukuran Beban Arus dan Pembebanan Gardu KTB-09 Sebelum Sisip.

I MAX GARDU (A)	PENGUKURAN BEBAN (A)								KET TRAF0 (KHUSUS/TIDAK) UMUM	
	JURUSAN 1				JURUSAN 2					
	R	S	T	N	R	S	T	N		
72	20,5	44,4	30,4	26,3	42,6	63,6	53,6	28,2		
KONDISI GEOGRAFIS	PENGUKURAN BEBAN (A)				PEMBEBANAN TRAF0 %					
	TOTAL									
NORMAL	R	S	T							
	62	97	82		112%					

Selain itu, dilakukan pengukuran tegangan pangkal dan ujung Gardu KTB-09, yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan Pangkal dan Ujung Gardu KTB-09 Sebelum Sisip.

PENGUKURAN TEGANGAN (V)				TEGANGAN UJUNG (V)	% VOLTAGE DROP
R-N	S-N	T-N	RST-N		
230	239	230	233	205	12,70%

Dari hasil pengukuran tersebut, besar beban dan persentase pembebanan gardu KTB-09 dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{kVA beban} &= (IR \times VR - N) + (IS \times VS - N) + IT \times VT - N \\ &= (62 \times 230) + (97 \times 239) + (82 \times 230) \\ &= (14260 + 23183 + 18745) \\ &= 56188 \text{ VA} \\ &= 56,188 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Pembebanan} &= \frac{\text{kVA beban}}{\text{kVA trafo}} \times 100\% \\ &= \frac{56,188}{50} \times 100\% \\ &= 112,4\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, terlihat pembebanan transformator mencapai 112,4% dari kapasitas Transformator sebesar 50 kVA. Hal ini tidak sesuai dengan ketentuan PT PLN (Persero) pada SE No 0017.E/DIR/2014 tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset yang menyatakan besar pembebanan maksimal yang diizinkan pada trafo sebesar 80%.

Selanjutnya dapat dihitung besar kelebihan beban dari gardu KTB-09 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Kelebihan beban} &= \% \text{ beban} - \% \text{ beban Health Index} \\ &= 124,17\% - 80\% \\ &= 44,17\% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui besar beban dan kapasitas transformator yang diperlukan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= \frac{\% \text{ kelebihan beban}}{100\%} \times 50 \text{ kVA} \\ &= \frac{44,17\%}{100\%} \times 50 \text{ kVA} \\ &= 22,085 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Kapasitas transformator yang diperlukan:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{beban (kVA)}}{0,8} \\ &= \frac{22,085}{0,8} \\ &= 27,6 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan besar beban yang perlu dimutasikan sebesar 22,085 kVA. Kapasitas transformator yang diperlukan sisip trafo dengan mempertimbangkan pembebanan sebesar 80% sesuai Health Index minimal sebesar 27,61 kVA. Dengan demikian sesuai dengan kapasitas tersedia di pasaran, dapat menggunakan kapasitas transformator yang akan disisipkan sebesar 50 kVA.

Berdasarkan data pengukuran pada Tabel 2. maka dapat dilakukan perhitungan kualitas tegangan pada ujung jaring dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_s - V_r \\ \Delta V &= 233 - 205 \\ \Delta V &= 28 \text{ V} \end{aligned}$$

Maka besar nilai persentase (%) rugi tegangan adalah:

$$\begin{aligned} \Delta V (\%) &= \frac{\Delta v}{V} \times 100 \% \\ \Delta V (\%) &= \frac{28}{220} \times 100 \% \\ &= 12,7 \% \end{aligned}$$

Untuk menghitung pendapatan gardu KTB-09 dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan pemasangan kWh meter pada gardu dan melakukan perhitungan secara manual dengan pengukuran beban gardu setiap jamnya. Berdasarkan *load flow* ditemukan jumlah perolehan beban transformator dalam 1 hari sebesar 1.214 kVA. Kemudian dikonversikan menjadi satuan kWh dengan menggunakan persamaan  $1 \text{ kVA} = 0,8 \text{ kWh}$  atau  $1.214 \text{ kVA} = 971 \text{ kWh}$ . Diketahui nilai rupiah/kWh rata-rata sampai dengan bulan Mei tahun 2022 adalah 1.123 Rp/kWh. Data ini diperoleh dari bagian Pemasaran PT PLN (persero) UP3 Masohi. Dengan demikian maka dapat di hitung perolehan pendapatan gardu KTB-09 dalam satu hari adalah sebagai berikut:

$971 \text{ kWh} \times 1.123 = \text{Rp } 1.090.433.00,-$

Atau dalam jangka waktu satu bulan pendapatan Gardu KTB-09 sebesar Rp 32.719.990.00,-

Untuk mengetahui potensi kerugian perusahaan apabila terjadi kerusakan transformator *over load* dengan simulasi kerugian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Simulasi kerugian perusahaan akibat kerusakan transformator 50 kVA.

NO	URAIAN	SAT	HASIL PERHITUNGAN	KETERANGAN
1	Harga Transformator 50 kVA	Rp	26.412.948	Data Logistik PLN UP3 Masohi
2	Jasa Pembongkaran	Rp	983.545	Data Kontrak KHS 2021
3	Biaya Mobilisasi ke Gudang	Rp	2.882.683	Data Kontrak KHS 2021
4	Biaya KWH Padam 30 hari	Rp	32.719.990	Hasil simulasi
<b>TOTAL KERUGIAN</b>			<b>62.999.166</b>	

Berdasarkan perhitungan Tabel 3, maka dapat disimpulkan bahwa kerugian akibat kerusakan transformator dengan kapasitas 50 kVA adalah sebesar Rp 62.999.166.00,-. Nilai ini bersifat fluktuatif bergantung pada ketersediaan stok transformator pada Gudang. Jika stok transformator pada gudang tersedia maka akan menghemat biaya kWh padam, sebaliknya jika stok transformator pada gudang tidak tersedia, maka akan menambah biaya kWh padam tergantung waktu pembelian serta pengiriman transformator hingga sampai di lokasi pengerjaan.

Hasil simulasi menggunakan formula perhitungan losses trafo di PLN dalam satu hari pengoperasian transformator KTB-09 mengalami kerugian sebesar Rp 101.355.00,-. Atau dalam satu bulan sebesar Rp 3.040.650.00,- dan satu tahun sebesar Rp 36.487.829.00,-.

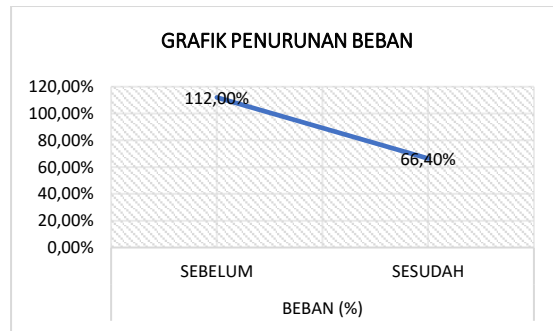
Selanjutnya, dilakukan proses perencanaan sampai tahap pembangunan transformator sisipan. Nilai investasi dalam pembangunan transformator sisipan adalah sebesar Rp.104.922.000,-. Setelah pemasangan Transformator sisip, beban arus dan pembebanan diukur kembali, seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Pengukuran Beban Arus dan pembebanan Gardu KTB-09 setelah sisip.

I MAX GARDU (A)	PENGUKURAN BEBAN (A)								KET TRAFO (KHUSUS/TIDAK) UMUM
	JURUSAN 1				JURUSAN 2				
	R	S	T	N	R	S	T	N	
72	12,9	15,3	14,1	9,2	31,6	39,5	30,7	9,9	
KONDISI	PENGUKURAN BEBAN (A)				PEMBEBANAN TRAFO %				
GEOGRAFIS	TOTAL								
	R	S	T						
NORMAL	44	55	45						66,4%

Berdasarkan data pengukuran dan perhitungan persentase beban transformator setelah pembangunan sisip transformator berkurang sebesar 59%, dari sebelumnya pembebanan 112,4% menjadi 66,4%. Nilai tersebut berada di bawah nilai maksimum yang diperbolehkan yaitu 80% dan termasuk dalam kategori tranformator baik menurut *Health Index*. Grafik penurunan beban

transformator dapat dilihat pada Gambar 2. Sementara, hasil pengukuran tegangan pangkal dan ujung Gardu KTB-09 setelah sisip, ditunjukkan pada Tabel 5.

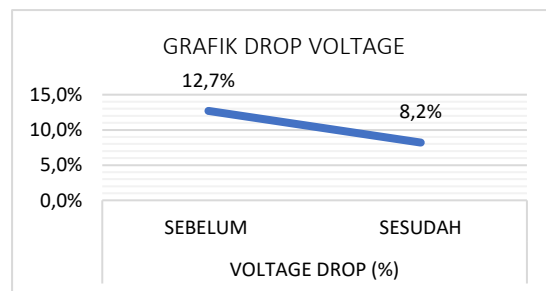


Gambar 2. Grafik Penurunan Beban

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan Pangkal dan Ujung Gardu KTB-09 Setelah Sisip

PENGUKURAN TEGANGAN (V)				TEGANGAN UJUNG (V)	% VOLTAGE DROP
R-N	S-N	T-N	RST-N		
231	230	230	233	216	6,4%

Berdasarkan data pengukuran dan perhitungan persentase tegangan ujung jaring setelah pembangunan sisip transformator berkurang sebesar 5,89 %, dari sebelumnya pembebanan 14,09% menjadi 8,2%. Nilai tersebut berada di bawah nilai maksimum yang diperbolehkan Jatuh tegangan sesuai SPLNT6.001-2013 sebesar  $\pm 10\%$  untuk tegangan rendah (Standar, 2013).



Gambar 2. Grafik Perbandingan penurunan Tegangan

Setelah dilakukan pemindahan sebagian beban gardu KTB-09 ke transformator sisip, maka akan dihitung nilai pendapatan gardu KTB-09 dalam kurun waktu satu bulan. Berdasarkan hasil perhitungan, maka dalam satu hari pengoperasian transformator KTB-09 menghasilkan 666.80 KVA atau setara dengan 533.44 KWH dan Jika di rupiahkan maka menjadi Rp 599.053,00.- atau dalam satu bulan sebesar Rp 17.917.593,00.-. Losses transformator berdasarkan formula perhitungan loses menunjukkan dalam satu hari pengoperasian transformator KTB-09 mengalami kerugian sebesar Rp 19.831.00.-, atau dalam satu bulan sebesar Rp 594.930.00.- dan satu tahun sebesar Rp 7.139.323.00.-. Selanjutnya dilakukan pengambilan data pengukuran beban arus dan pembebanan pada gardu sisip (Tabel 6) serta pengukuran tegangan pangkal dan ujung (Tabel 7).

Dari Tabel 6 dan Tabel 7 dikategorikan baik dengan mempertimbangkan *Health Index* karena dibebani sebesar 66,3% dari kapasitasnya 50 kVA. Untuk tegangan ujung sebesar 216V (6,4%) drop voltage dan masih dalam batas aman standar SPLN T6.001:0213.

Berdasarkan hasil pengukuran, maka dalam satu hari pengoperasian transformator sisip menghasilkan 676.8 KVA atau setara dengan 541.44 KWH atau Rp 608.037,00.- (= Rp 18.241.113,00.- dalam satu bulan)



**Tabel 6.** Data Pengukuran Beban Arus dan Pembebanan Transformator Sisip

I MAX GARDU (A)	PENGUKURAN BEBAN (A)								KET TRAF0 (KHUSUS/TIDAK) UMUM
	JURUSAN 1				JURUSAN 2				
	R	S	T	N	R	S	T	N	
72	16,59	18,02	18,21	17,09	21,05	34,18	35,98	18,36	
KONDISI GEOGRAFIS	PENGUKURAN BEBAN (A) TOTAL			PEMBEBANAN TRAF0					
	R	S	T	%					
NORMAL	38	52	54	66,3%					

**Tabel 7.** Hasil Pengukuran Tegangan Pangkal dan Ujung Transformator Sisip.

PENGUKURAN TEGANGAN (V)				TEGANGAN UJUNG (V)	% VOLTAGE DROP
R-N	S-N	T-N	RST-N		
231	230	230	233	216	6,4%

Losses transformator berdasarkan formula perhitungan losses menunjukkan dalam satu hari pengoperasian transformator sisip mengalami kerugian sebesar Rp 17.571.00,-. Atau dalam satu bulan sebesar Rp 527.130.00,- dan satu tahun sebesar Rp 6.325.419.00,-. Tabel 8 menunjukkan perbandingan sebelum dan sesudah penggunaan transformator sisip.

**Tabel 8.** Data Perbandingan Gardu KTB-09 Sebelum dan Sesudah Sisip Transformator.

NO	URAIAN	SATUAN	HASIL	KETERANGAN
			PERHITUNGAN	
1	Realisasi Beban Puncak	kVA	66,4	Bulan Agustus 2022
2	Load Percentage	%	66	Bulan Agustus 2022
3	Drop Voltage Gardu KTB-09	Volt	18	Bulan Agustus 2022
4	Drop Voltage Gardu Sisip	Volt	14	Bulan Agustus 2022
5	Drop Voltage Percentage Gardu KTB-09	%	8,2	Bulan Agustus 2022
6	Drop Voltage Percentage Gardu Sisip	%	6,4	Bulan Agustus 2022
5	Pendapatan kWh/Hari	kWH	1.075	Bulan Agustus 2022
6	Pendapatan kWh/Bulan	kWH/Bln	32.250	Bulan Agustus 2022
7	Rupiah Pendapatan/Bulan	Rp.	36.158.706	Bulan Agustus 2022
8	Rupiah Investasi	Rp.	104.921.753	
9	Rupiah Kerugian Akibat Losses Trafo/Tahun	Rp.	13.464.742	Hasil Simulasi Formula Perhitungan

**Tabel 9.** Menampilkan Analisa Kelayakan Finansial.

NO	URAIAN	SATUAN	HASIL	KETERANGAN
			PERHITUNGAN	
1	kWH yang diselamatkan dari kenaikan pemakaian/Tahun	kWH/Thn	37.440	
2	Rupiah yang diselamatkan dari losses trafo/Tahun	Rp.	23.023.087	
3	Rupiah yang diselamatkan Akibat Kerusakan Trafo	Rp.	62.999.166	Estimasi Kerusakan satu Bulan
4	Nilai Investasi	Rp.	104.921.753	

Analisis kelayakan finansial dilakukan dengan membandingkan biaya pembangunan Gardu sisipan untuk rekonfigurasi jaringan pemindahan beban Gardu KTB-09 dengan Total Grid Losses yang sebelum dan setelah dilakukan pekerjaan pembangunan Gardu sisipan (Tabel 9).

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah disajikan sebelumnya, dapat diambil kesimpulan bahwa dengan dilakukannya pelaksanaan sisip transformator dapat berpengaruh terhadap kapasitas pembebanan dari Gardu KTB-09 yang semula 112% menjadi 66,4% serta jatuh tegangan yang dimunculkan mengalami penurunan dari 12,7% menjadi 8,2%. Pelaksanaan sisip transformator juga mampu menghasilkan efisiensi biaya sebesar Rp.62.999.166.00,- dengan mengurangi resiko kerusakan transformator overload dan kehilangan kWh akibat terjadi pemadaman aliran listrik dilokasi Gardu KTB-09, juga mampu menekan losses transformator sebesar 47% dengan peningkatan pendapatan sebesar Rp.23.023.087.00,-/tahun serta meningkatkan kualitas pelayanan pelanggan dengan mengatasi masalah *drop voltage*. Dengan penerapan metode *value chain analysis* pada sistem kelistrikan menggunakan sisip transformator menghasilkan nilai tambah dari sisi pendapatan serta perbaikan kualitas pelayanan bagi pelanggan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gunawan (2015). KAJIAN TEORI PARETO IMPROVEMENT DAN TEORI PARETO EFFICIENCY TERHADAP REKLAMASI PANTAI. *Jurnal Hukum Uniski*4(1).
- Harahap, P., Adam, M., & Prabowo A. (2019). Analisa Penambahan Trafo Sisip Sisi Distribusi 20 KV Mengurangi Beban Overload Dan Jatuh Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etap 12.6.0. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro* 2(1).
- Likke, Llewelyn, R. & Musianto, L. (2000). Analisis Cost-Benefit Terhadap Industri Rokok di Indonesia. *Jurnal Manajemen & Kewirausahaan* 2(2), pp. 68 – 85.
- Permata, E., Lestari, I (2020). MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan FKIP UNTIRTA*
- Stringham, E. P. (2001). Kaldor-Hicks Efficiency and the Problem of Central Planning. *Quarterly Journal of Austrian Economics* 4(2), pp. 41-50, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1676256> .