

## INVESTIGASI OVERLOAD TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 20 KV DI UNIT LAYANAN PELANGGAN PANGKALAN BALAI PT. PLN (Persero)

Dian Eka Putra<sup>1</sup>, Yovi Riswanto<sup>1</sup>, Ayatullah Komaini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro Universitas Palembang

<sup>2</sup>Ilmu Teknik Universitas Sriwijaya

Corresponding author : dianekaputra90@gmail.com

**Abstract** : The needs for electrical energy is directly proportional to population growth, so in carrying out its role to convert electrical energy from a voltage of 20 kV to 380/220 Volts, distribution transformers have an important role to supply electrical energy, sometimes distribution transformers are forced to serve an increasing load from year to year. thus exceeding the normal limits of the capacity of the distribution transformer. From the results of field observations and investigations at one of the customer service units (ULP) at the Pangkalan Balai, there were 45 distribution transformers overloaded on three 20 kV feeders, with the highest overload of 128% of the 100 kVA distribution transformer capacity. Meanwhile, the capacity of the transformer which is experiencing a lot of overload occurs in the 160 kVA distribution transformer as many as 16 distribution substations. To maintain the ideal distribution transformer performance, the maximum transformer loading is 80%, namely by maneuvering the load between the PG 0081 distribution substation with a capacity of 160 kVA to the PG 0854 distribution substation with the insertion substation method, the percentage of the initial load is 95.7% to 42% of the transformer substation capacity. PG.0081, while the distribution substation PG 0854 has a load of 34.3%.

**Keywords**: Distribution Transformer, Over Load, Load Maneuver.

**Abstrak** : Kebutuhan akan energi listrik berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk, maka didalam menjalankan peranya untuk mengkonversi energi listrik dari tegangan 20 kV menjadi 380/220 Volt, transformator distribusi mempunyai peranan penting untuk mensuplai energi listrik, kadang kalanya transformator distribusi dipaksa untuk melayani beban yang semakin tahun meningkat sehingga melebihi batas normal kemampuan dari kapasitas transformator distribusi. Dari hasil observasi dan investigasi lapangan pada salah satu unit layanan pelanggan (ULP) pangkalan balai terdapat 45 transformator distribusi mengalami overload pada tiga penyulang 20 kV, dengan overload tertinggi yaitu 128% dari kapasitas transformator distribusi 100 kVA. Sedangkan kapasitas transformator yang banyak mengalami overload terjadi di transformator distribusi 160 kVA sebanyak 16 gardu distribusi bila kejadian ini diabaikan akan mengurangi keandalan transformator distribusi dan terjadinya gangguan suplai energi listrik kepengguna tegangan rendah. Untuk menjaga performa transformator distribusi yang ideal pembebanan transformator maksimal 80 % yaitu dengan melakukan manuver beban diantara pada gardu distribusi PG 0081 dengan kapasitas 160 kVA ke gardu distribusi PG 0854 dengan metode gardu sisipan, maka persentase beban awal 95.7 % menjadi 42 % dari kapasitas transformator gardu PG.0081, sedangkan gardu distribusi PG 0854 berbeban menjadi 34.3%.

**Kata Kunci** : Transformator Distribusi, Overload, Manuver beban.

### PENDAHULUAN

Penyaluran energi listrik pada sistem jaringan distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik sangat berperan penting dikarenakan bersentuhan langsung dengan konsumen sebagai pemakai atau pengguna energi listrik, dikarenakan langsung berhubungan dengan pemakai energi listrik khususnya pemakai energi listrik pada tegangan rendah maupun tegangan menengah.(Syahputra and Arrozak, 2017) dikarenakan oleh itu, selain berfungsi menerima daya listrik atau energi listrik dari tegangan 20 kV menjadi 380/220 volt transformator distribusi yang dikenal

transformator pasangan luar, juga bertugas mengirimkan serta mendistribusikan daya energi listrik ke konsumen.(Hidayat, Legino and Mulyanti, 2018) Mengingat fungsi dan tugas transformator distribusi yang berhubungan langsung dengan konsumen, maka keandalan dan kualitas listrik sangatlah penting. (Syahputra and Arrozak, 2017)

Permintaan dan penggunaan akan energi listrik seiring waktu terus meningkat, salah satunya adalah peningkatan pelanggan atau beban energi listrik dari tahun ke tahun.(Duyo and Sulkifli, 2019) Oleh karena itu, diperlukan sistem distribusi tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi. Namun, seiring peningkatan

konsumsi listrik masalah sering muncul dalam pendistribusian tenaga listrik salah satunya adalah beban transformator distribusi sudah melebihi kapasitas atau bisa dikatakan transformator kelebihan beban (*Overload*). (Chen *et al.*, 2018) Beban Transformator distribusi dikatakan ideal bilamana beban transformator dibawah 80% kapasitas dari transformator distribusi, Jika kapasitas beban transformator melebihi 80%, transformator dikatakan kelebihan beban atau overload. (Pranoto *et al.*, 2020) Jika overload terjadi dalam waktu yang lama, maka isolasi pada transformator akan rusak karena panas berlebih yang akan menyebabkan kerusakan pada transformator, dan menimbulkan biaya perbaikan dan pengantian yang lebih besar. (Ye *et al.*, 2013) Selain itu, kelebihan beban transformator distribusi juga akan menyebabkan *drop voltage* (jatuh tegangan) pada sisi sekunder, output tegangan yang disalurkan. (Roza, 2019) Terdapat dua metode alternatif untuk mengatasi permasalahan transformator overload, yaitu dengan metode pemasangan transformator sisipan dan uprating transformator. (Wahyudi Widiatmika, Arta Wijaya and Setiawan, 2018) tentunya diawali penyeimbangan beban transformator distribusi pada setiap fasa pada jurusan saluran udara tegangan rendah. (Putra and Kusniriansyah, 2019). Transformator *overload* terjadi diakibatkan banyaknya beban listrik yang digunakan melebihi kapasitas transformator distribusi, tentunya hal ini menunjukkan perlunya tindakan terhadap transformator distribusi tersebut. (Tiro and L, 2019) dengan terjadinya overload maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan berapa banyak transformator distribusi yang mengalami overload dan mengatasi keadaan overload dengan manuver atau pemindahan beban pada transformator sisipan. (Wahyudi Widiatmika, Arta Wijaya and Setiawan, 2018), tetapi dengan memperhatikan titik beban dan panjangnya saluran udara tegangan rendah, untuk menurunkan tingkat gangguan transformator distribusi serta meningkatkan kehandalan sistem penyaluran distribusi energi listrik dan mengurangi tingkat gangguan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dengan melakukan metode observasi dan investigasi lapangan untuk mengetahui seberapa banyak terjadi overload pada transformator distribusi guna mengurangi beban dan gangguan transformator distribusi baik dengan cara mengumpulkan data teknis transformator distribusi atau gardu distribusi serta melakukan pengukuran, meeting gardu distribusi pada Unit Layanan Pelanggan Pangkalanbalai. Data teknis gardu distribusi pada gardu portal atau gardu cantol. (PT. PLN (Persero), 2010) berisi data antara lain:  
 Nomor Gardu : Kode dan nomor urut gardu

transformator distribusi  
 Alamat Gardu : Alamat dan Letak Gardu Distribusi  
 Kapasitas Gardu : Kapasitas Daya Transformator Distribusi yang ditampung Gardu.  
 Nama Penyulang : Nama Penyulang 20 kV yang mensuplai Gardu distribusi  
 Tegangan kerja : Tegangan menengah penyulang distribusi mensuplai Gardu Distribusi

Dengan urutan langkah investigasi penyebab overload pada transformator distribusi terhadap beban transformator tidak seimbang dan banyak transformator yang mengalami beban lebih pada fasa sehingga menyebabkan umur transformator distribusi tidak lama bahkan menyebabkan kerusakan pada transformator distribusi. Secara teknik yang berkaitan dengan pembebanan gardu distribusi guna mengurangi tingkat gangguan pada transformator distribusi antara lain melakukan Penyeimbangan beban gardu, rotasi transformator, uprating transformator dan menambah, membangun Gardu distribusi sisipan. Untuk pemerataan beban pada transformator distribusi diperlukan arus rata-rata seuai dengan persamaan 1 dan pembebanan perhasa transformator pada persamaan 2. (Hidayat, Legino and Mulyanti, 2018)

### Arus rata – rata

$$I_{rata-rata} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \dots\dots\dots(1)$$

### Perhitungan Pembebanan Perphasa :

$$S_R = 220 \text{ V} \times ( I_{RC} + I_{RD} ) \dots\dots\dots(2)$$

$$S_S = 220 \text{ V} \times ( I_{SC} + I_{SD} ) \dots\dots\dots(3)$$

$$S_T = 220 \text{ V} \times ( I_{TC} + I_{TD} ) \dots\dots\dots(4)$$

- 
- **Pembebanan total pada Transformator :**

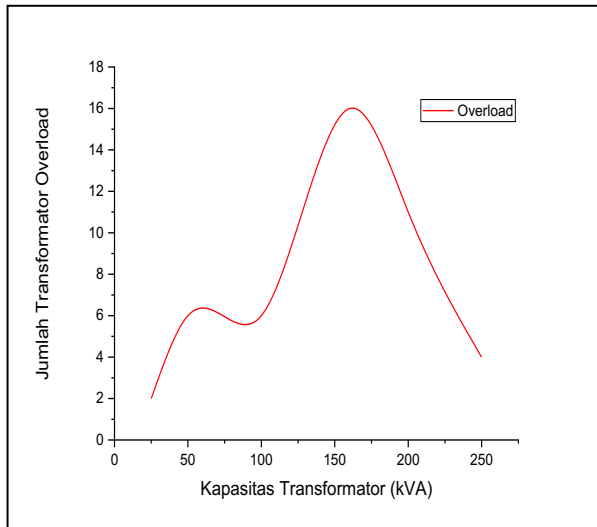
$$S_{TOT} = S_R + S_S + S_T \dots\dots\dots(5)$$

$$\% \text{ beban} = \frac{\text{daya tot beban}}{\text{daya pengenalan trafo}} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

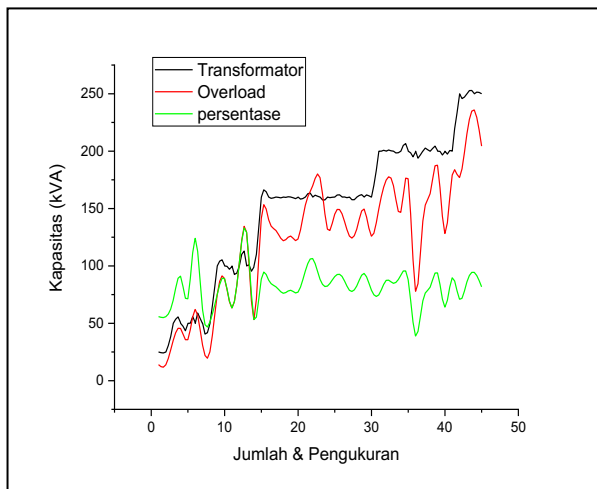
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari investigasi lapangan dengan melakukan pengukuran beban transformator distribusi pada Penyulang 20 kV Prambanan, Penyulang 20 kV Kalasan dan Penyulang 20 kV Bakwan di unit kerja ULP Pangkalan balai PT. PLN (Persero), terdapat 45 unit transformator distribusi dalam keadaan overload seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, dengan keadaan overload transformator distribusi 160 kVA yang terbanyak. Dan overload tertinggi terjadi pada dua unit transformator distribusi berkapasitas 100 kVA dengan overload mencapai 103.06 % dan 128.84 % atau sebesar 103.06 kVA dan 128.84 kVA dari kapasitas transformator distribusi 100 kVA, seperti yang

ditunjukkan pada gambar 2. grafik persentase pembebanan transformator distribusi.



Gambar 1. Grafik Transformator overload di ULP Pangkalan balai



Gambar 2. Grafik Persentase Beban dan Overload Transformator Distribusi

Dengan banyaknya transformator kapasitas 160 kVA yang overload yang ditunjukkan gambar 1, pada penelitian ini ditampilkan salah satu gardu distribusi 160 kVA PG 0081 dengan solusi pembagian beban dengan menambah Gardu distribusi PG.0854 dengan kapasitas transformator 250 kVA.

Gardu distribusi PG 0081 yang terletak di desa sukamaju-sungaililin, memiliki persentase pembebanan yang tidak ideal mencapai 95.7% dari kapasitas transformator 160 kVA, atau menanggung beban arus listrik sebesar 696 A, seperti yang tertuang pada tabel 1 pengukuran arus listrik transformator PG 0081.

Tentunya perlu dilakukan manuver beban untuk menjaga keandalan dan performa gardu distribusi PG. 0081 dalam menyalurkan energi listrik.

Tabel 1. Pengukuran Arus Transformator PG 0081

Arus Induk (Ampere)	Arus Jurusan (Ampere)	Arus Jurusan (Ampere)			
		A	B	C	D
R	278	-	-	83	195
S	203	-	-	60	143
T	215	-	-	92	123
N	50	-	-	32	53

Pada tabel 1 diatas, pembebanan yang ditanggung transformator distribusi PG 0081 dapat dihasilkan dengan persamaan 1, dimana Arus rata-rata sebesar 232 Ampere. Selain itu terjadi ketidakseimbangan beban pada setiap saluran fase, dimana fase R dengan beban arus yang tinggi mencapai 278 A boleh dikatakan overload saluran pada fase R.

**Arus rata-rata**

- $I_{rata-rata} = 232$  Ampere

**Pembebanan Perphasa :**

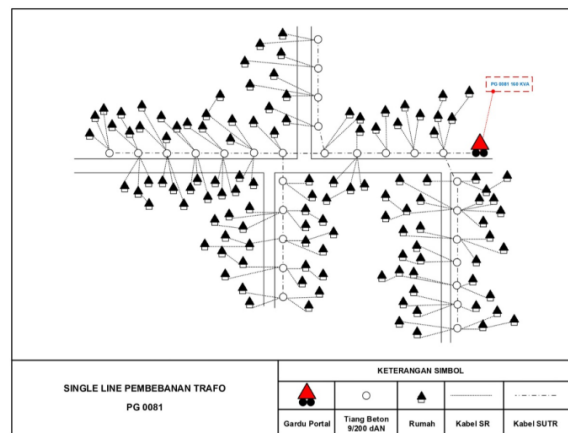
- $S_R = 61.160$  VA  $\approx 61,16$  kVA
- $S_S = 44.660$  VA  $\approx 44,66$  kVA
- $S_T = 47.300$  VA  $\approx 47,3$  kVA

**Pembebanan total transformator distribusi :**

- $S_{Tot} = 153,12$  kVA

Jadi total pembebanan transformator PG 0081 adalah sebesar 153,12 kVA dengan persentase pembebanan transformator distribusi PG 0081 yaitu :

- Persentase (%) pembebanan = 95,7 %



Gambar 3. Pembebanan Transformator Distribusi PG 0081

Persentase ketidakseimbangan beban Transformator Distribusi PG 0081

$$R = 119 \%$$

$$S = 87 \%$$

$$T = 92 \%$$

Beban tak seimbang = 13,33%

Dengan melalui hasil perhitungan diatas dimana persentase pembebanan pada Transformator distribusi gardu PG 0081 akan didapatkan hasil sebesar 95,7 % dari nilai nominal kapasitas transformator distribusi 160 kVA, dengan demikian sesuai dengan ketentuan PLN pembebanan transformator distribusi tersebut dianggap overload, yang mana telah melebihi kapasitas pembebanan maksimal sebesar 80% dari kapasitas transformator distribusi.

Untuk menjaga stabilitas dan keandalan transformator PG 0081 yang memiliki pajang jaringan saluran tegangan rendah sepanjang 1,4 kms yang ditampilkan pada gambar 3, dalam mensuplai energi listrik diperlukan manuver beban atau pemindahan beban dengan menambahkan satu unit transformator distribusi berkapasitas 250 kVA dengan kode Gardu Transformator PG 00854, selain itu untuk mengantisipasi bertambahnya beban pemakaian energi listrik seperti yang ditampilkan tabel 2. Pengukuran arus transformator distribusi gardu PG 0854.

Tabel 2. Pengukuran Arus Transformator Distribusi Gardu PG 0854

Arus Induk (Ampere)		Arus Jurusan (Ampere)			
		A	B	C	D
R	175	48	-	55	72
S	108	37	-	35	36
T	107	29	-	33	45
N	43	33	-	37	22

Dengan pembebanan yang ditanggung transformator distribusi PG 0854 dapat dihasilkan dengan persamaan 1, dimana Arus rata-rata sebesar 130 Ampere.

#### Arus rata-rata

- $I_{rata-rata} = 130$  Ampere

#### Pembebanan Perphasa :

- $S_R = 38.500$  VA  $\approx$  38,5 kVA

- $S_S = 23.760$  VA  $\approx$  23,76 kVA

- $S_T = 23.540$  VA  $\approx$  23,54 kVA

#### Pembebanan total transformator distribusi :

$$S_{TOT} = 85,8 \text{ kVA}$$

Jadi dengan total pembebanan pada transformator distribusi pada gardu PG 0854 sebesar 85,8 kVA Persentase (%) pembebanan dihitung :

Persentase (%) pembebanan = 34,3 %

Persentase ketidak seimbangan beban trasformator PG 0854

$$R = 134 \%$$

$$S = 83 \%$$

$$T = 82 \%$$

Beban tak seimbang = 23 %

Dengan perhitungan pembebanan diatas, transformator distribusi dengan gardu PG 0854 menanggung beban sebesar 85,8 kVA. Serta dengan ketidak seimbangan beban sebesar 23%. Dimana beban tersebut berasal dari manuver beban transformator distribusi 160 kVA Gardu PG.0081.

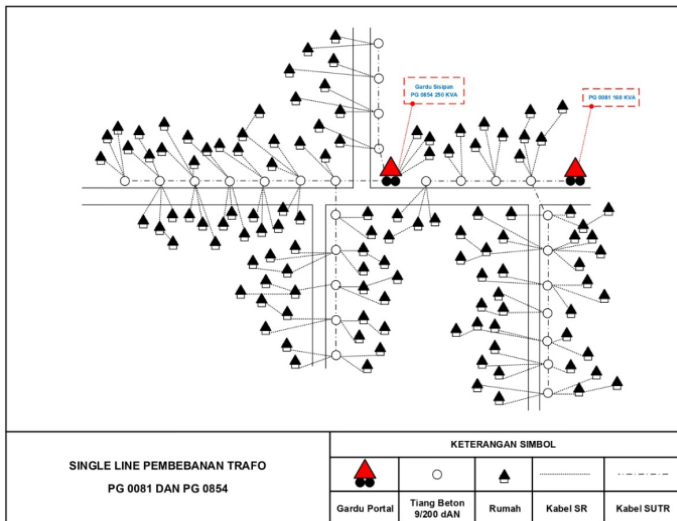
Tabel 3. Hasil Pengukuran Arus Transformator Distribusi 160 kVA Gardu PG.0081 setelah manuver Gardu PG. 0854

Arus Induk (Ampere)		Arus Jurusan (Ampere)			
		A	B	C	D
R	103	-	-	45	58
S	95	-	-	38	57
T	108	-	-	47	61
N	26	-	-	33	48

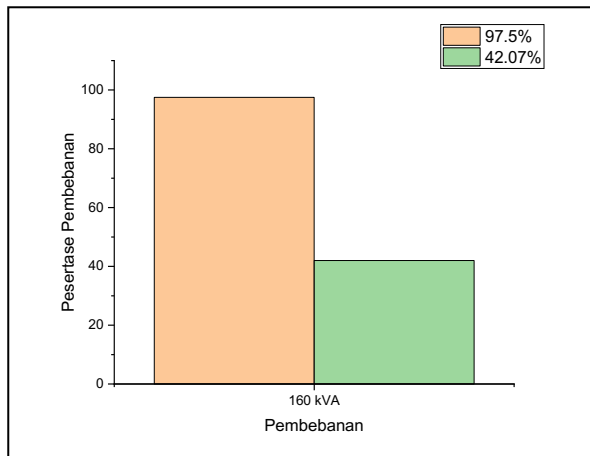
Jadi total pembebanan transformator distribusi gardu PG 0081 adalah sebesar 67,3 kVA dengan persentase pembebanan transformator distribusi gardu PG 0081 sebesar 42% seperti pada gambar 5, dengan persentase beban tak seimbang antar phasa 10 %.

Setelah melakukan manuver atau pemindahan beban seperti yang tercantum pada gambar 4 dan ditunjukkan pada tabel 3 hasil pengukuran, transformator distribusi gardu PG 0081 ke PG 0854 maka didapat kondisi pembebanan yang ideal dimana transformator distribusi gardu PG 0081 dengan beban 67,3 kVA (42 %) dan transformator distribusi gardu PG 0854 dengan beban

85,8 kVA (34,3 %) serta persentase ketidakseimbangan beban gardu PG 0081 setelah dilakukan pemindahan beban sebesar 10 %.



Gambar 4. Single line pembebanan Gardu PG 0081 dan Gardu PG 0854



Gambar 5. Grafik persentase pembebanan transformator distribusi Gardu PG 0081 sebelum dan sesudah manuver beban.

Tabel 4. Hasil pengukuran Transformator Distribusi Gardu PG0081 sebelum manuver beban ke Gardu PG 0854

Arus Induk (A)	Arus Jurusan (Ampere)				Daya (kVA)	Persentase Pembebanan
	A	B	C	D		
R	-	-	83	195	61,16	95,7 %
S	-	-	60	143	44,66	
T	-	-	92	123	47,30	

N	-	-	32	53	
---	---	---	----	----	--

Tabel 5. Data hasil pengukuran Transformator Distribusi Gardu 0081 setelah pemindahan beban Gardu PG 0854

Arus Induk (A)	Arus Jurusan (Ampere)				Daya (VA)	Persentase Pembebanan
	A	B	C	D		
R	-	-	45	58	22.660	42,07%
S	-	-	38	57	20.900	
T	-	-	47	61	23.760	
N	-	-	33	48		

Bila mana telah terpasangnya unit gardu transformator distribusi PG 0854 dan dilakukan manuver beban dari gardu transformator distribusi PG 0081 sebesar 85,8 kVA. Sehingga transformator distribusi gardu PG 0081 menanggung beban sebesar 67,3 kVA. Dalam segi pembebanan tersisa untuk permintaan daya listrik dari konsumen atau pasang baru daya listrik kedepanya sesuai dengan SPLN No. 50 tahun 1997 batas pembebanan transformator berada pada nilai 50% sampai 60% dan dapat dibebani hingga batas ideal pembebanan transformator dengan pertimbangan susut umur transformator distribusi, faktor keragaman, dan faktor keserempakan beban yaitu 80 %.

### KESIMPULAN

Setelah dilakukan manuver beban pada unit gardu distribusi sisipan PG 0854 yang telah dibangun, kapasitas beban transformator distribusi 160 KVA gardu PG 0081 yang semula sebesar 153,12 kVA atau persentase beban sebesar 95,7 % maka beban gardu PG 0081 menjadi sebesar 67,3 kVA dengan persentase pembebanan pada PG 0081 setelah sebagian beban dipindahkan ke unit gardu PG 0854 adalah 42 % dan persentase pembebanan pada PG 0854 adalah 34.3 %. Persentase tersebut adalah nilai persentase ideal untuk transformator distribusi dikarenakan batas maksimal batas pembebanan transformator yaitu 80% dari kapasitas transformator distribusi, seiring meningkatnya permintaan daya listrik yang ditandai meningkatnya jumlah pelanggan dan tambah daya setiap tahunnya. Maka harus dilakukan pengukuran persentase pembebanan transformator distribusi secara rutin untuk menghindari gangguan dan kerusakan pada transformator distribusi.

## TINJAUAN PUSTAKA

- Chen, N. *et al.* (2018) 'Overload Analysis of Distribution Transformers Based on Data Mining', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 439(3). doi: 10.1088/1757-899X/439/3/032112.
- Duyo, R. A. and Sulkifli, A. (2019) 'Analisis Jaringan Dan Pemeliharaan', *Jurnal Vertex Elektro*, 01(02), pp. 1–11.
- Hidayat, S., Legino, S. and Mulyanti, N. F. (2018) 'Penyeimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Gardu Distribusi Cd 33 Penyulang Sawah Di Pt Pln ( Persero ) Area Bintaro', *E-Journal Sekolah Tinggi Teknik-Perusahaan Listrik Negara*, 8(1), pp. 21–27.
- Pranoto, S. *et al.* (2020) 'Penyeimbangan Beban pada Trafo Distribusi Penyulang Akkarena di Unit Layanan Pelanggan Mattoanging PT PLN ( Persero )', *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2(1), pp. 37–46.
- PT. PLN (Persero) (2010) 'Buku 4 Standar konstruksi gardu distribusi dan gardu hubung tenaga listrik', *PT PLN (Persero)*, p. 4.
- Putra, D. E. and Kusniriansyah, R. (2019) 'Analisa Pemerataan Beban Antar Fasa Di Saluran Tegangan Rendah (SUTR) Pada Transformator Distribusi 50 KVA - Li 146 Wilayah Kerja PT PLN (Persero) Rayon Muara Belit', *JURNAL SURYA ENERGY*, 4(1), pp. 331–337.
- Roza, I. (2019) 'Analisa Perbaikan Drop Voltage Dengan Trafo Sisip Sistem Distribusi JTR di PT . PLN ( PERSERO ) RAYON', *Semnastek Uisu*, 1(1), pp. 133–135.
- Syahputra, R. and Arrozak, L. F. (2017) 'Power Transformer Loading Analysis in Order to Improve the Reliability of a Substation', *Journal of Electrical Technology UMY*, 1(4), pp. 165–175. doi: 10.18196/jet.1422.
- Tiro, J. and L, R. (2019) 'Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Di PT PLN(Persero) ULP Malino', *Jurnal Teknologi Elekterika*, 16(2), p. 69. doi: 10.31963/elekterika.v16i2.1553.
- Wahyudi Widiatmika, K., Arta Wijaya, I. W. and Setiawan, I. N. (2018) 'Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Mengatasi Overload Padatransformator Db0244 Di Penyulang Sebelanga', *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), p. 19. doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p03.
- Ye, B. *et al.* (2013) 'The Maintenance Strategy for Optimizing Distribution Transformer Life Cycle Cost', *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 11(10), pp. 6001–6007. doi: 10.11591/telkomnika.v11i10.3458.