

# Penurunan Drop Tegangan Penyulang 20 Kv Dengan Metode Pecah Beban

Roby Ramadhan<sup>\*)</sup>, Dicky Lesmana, Zuraidah Tharo

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan  
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia  
email: robyramadhan@gmail.com

**Abstract** — *The electricity distribution system is essentially a process of delivering electricity from power generation systems to electricity consumers through a 500/150/70 kV Transmission Network to electricity consumers at 20 kV or 220/400 V. The electricity distribution process begins from the output of the 20 kV substation to the consumers. The distribution of electricity when it exits the substation will pass through feeders. Feeders are the pathways for distributing 20 kV of electricity to distribution substations. Feeders are one of the most crucial parts of the electricity distribution process. As the customer load increases and the length of the lines on each feeder, it can cause an increase in current load and voltage drop. According to SPLN 72: 1987 regulations, in medium voltage networks, the spindle configuration voltage drop limit is 2% of the operating voltage. Therefore, feeders experiencing voltage drops must implement feeder splitting methods to reduce voltage drops at the end of the line. By implementing load splitting on the Curriculum and Report feeders by adding a new feeder, namely the Academy feeder, the voltage drop at the end of the lines does not exceed SPLN standards. The Curriculum feeder is at 2.7%, the Report feeder is at 2.06%, and the Academy feeder is at 1.4%.*

**Abstrak** -- Sistem distribusi tenaga listrik pada dasarnya adalah suatu proses untuk menyalurkan tenaga listrik dari sistem tenaga listrik pembangkit disalurkan ke Jaringan Transmisi 500/150/70 kV ke pelanggan listrik 20 kV maupun 220/400 V. Proses distribusi tenaga listrik dimulai dari keluaran gardu induk 20 kV sampai ke pelanggan, penyaluran tenaga listrik pada saat keluar dari gardu induk akan melalui penyulang. Penyulang adalah jalur penyaluran listrik 20 kV menuju ke gardu distribusi distribusi. Penyulang merupakan salah satu bagian terpenting dalam proses pendistribusian tenaga listrik, Tentunya dengan bertambahnya beban pelanggan dan panjangnya saluran pada setiap penyulang dapat menimbulkan beban arus meningkat serta drop tegangan. Sesuai dengan ketentuan SPLN 72 : 1987 yaitu pada jaringan tegangan menengah konfigurasi spindle batas drop tegangan 2% dari tegangan kerja. Sehingga penyulang yang mengalami drop tegangan harus dilaksanakan metode pecah penyulang untuk mengurangi adanya drop tegangan di saluran ujung. Dengan dilakukannya Pecah beban di penyulang Kurikulum dan Raport dengan menambahkan penyulang baru yaitu penyulang Akademi, drop tegangan di ujung saluran tidak melebihi standar SPLN, penyulang Kurikulum sebesar 2,7%, penyulang Raport 2,06, dan penyulang Akademi 1,4%.

**Kata Kunci** – Inverter Dua Arah Hybrid, Energi Alternatif, PLTS, Rumah Tangga.

**\*) penulis korespondensi: Roby Ramadhan**  
Email: robyramadhan@gmail.com

## I.PENDAHULUAN

Proses distribusi tenaga listrik dimulai dari keluaran gardu induk 20 kV sampai ke pelanggan, penyaluran tenaga listrik pada saat keluar dari gardu induk akan melalui penyulang.

Penyulang adalah jalur penyaluran listrik 20 kV menuju ke gardu distribusi distribusi. Penyulang merupakan salah satu bagian terpenting dalam proses pendistribusian tenaga listrik, apabila penyulang mengalami gangguan maka tenaga listrik tidak dapat disalurkan menuju gardu distribusi. Apabila penyulang mengalami gangguan maka akan dilakukan proses pengendalian jaringan dengan memberikan tenaga listrik dari gardu hubung atau penyulang yang tidak mengalami gangguan menuju penyulang yang mengalami gangguan. Pengendalian jaringan agar lebih mudah dilakukan dan apabila pengendalian jaringan tidak dapat dilakukan dari gardu hubung maka pengendalian jaringan dapat dilakukan dari penyulang lain. Pengendalian jaringan dari penyulang lain dapat dilakukan apabila penyulang yang mengalami gangguan sudah dilakukan pecah beban dengan penyulang lain.

Suatu trafo di gardu induk mencapai batas maksimum atau sudah melebihi batas standar bebannya merupakan beban lebih. apabila beban lebih hanya terjadi di satu gardu distribusi maka solusinya adalah dengan penambahan gardu distribusi baru. Namun apabila pada penyulang sudah tidak dapat dibangun gardu baru, maka apabila terdapat pelanggan yang menginginkan tambah daya atau pasang baru tidak dapat dilakukan. Maka solusi dari hal ini adalah dengan melakukan pecah beban antar penyulang atau penambahan penyulang yang baru.

Mengingat berbagai kendala dan masalah investasi dalam penambahan instalasi baru dan penambahan kapasitas (*uprating*), sedangkan permintaan/penambahan daya baru dari sisi konsumen harus dipenuhi dan juga untuk meningkatkan kehandalan dari sisi penyulang 20 kV untuk lebih memudahkan dalam pengendalian jaringan. Dengan seiring kenaikan beban dan peningkatan pelanggan baru yang mengakibatkan dibangunnya gardu distribusi baru. Dengan adanya penambahan gardu distribusi maka suatu penyulang akan mengalami *over load*. Penyulang yang mengalami *over load* akan mengalami penurunan kehandalan dan juga sering mengalami gangguan.

## II.METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada proyek akhir ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah sebuah metode yang lebih menekankan pada aspek pengukuran secara obyektif terhadap fenomena yang terjadi. Digunakannya metode kuantitatif pada penelitian ini dikarenakan sebuah pertimbangan yaitu dari rumusan masalah proyek akhir ini yang menuntut untuk menggunakan metode kuantitatif.

### A. Deskripsi data

Lokasi penelitian berada di kantor PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya UP3 Bintaro. Pengumpulan data dilakukan selama 4 Bulan. Penelitian dilakukan pada Penyulang Akademi dan Report yang mendapat supply dari transformator 1 dan 3

60 MVA gardu induk Cileduk. Penyulang Report dan Akademi diketahui menggunakan konfigurasi jaringan spindle dan menggunakan kabel bawah tanah (SKTM). Jenis penghantar yang di gunakan adalah XLPE dengan diameter 240 mm<sup>2</sup>.

#### B. Perancangan Penelitian

Pada Penelitian Kali ini Penyulang Akademi dan Report perlu di lakukan pemecahan beban dengan membangun Penyulang baru guna mengurangi beban berlebih di kedua penyulang tersebut.

#### C. Cara Analisis

Dalam penelitian kali ini teknis analisis data yang digunakan adalah analisis sistematis untuk mendapatkan hasil penelitian. Analisis ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan untuk mengetahui beban arus transformator dan drop tegangan beserta susut distribusi.

Untuk mengetahui arus / beban pada sisi prime trafo dapat digunakan persamaan perbandingan arus primer dengan arus sekunder. Dan tegangan primer dengan tegangan sekunder pada trafo sehingga bila dituliskan dalam bentuk persamaan menjadi :

$$\frac{v_p}{v_s} = \frac{i_s}{i_p} \dots\dots\dots(1)$$

Sehingga bila mencari arus pada sisi primer maka persamaan tersebut menjadi :

$$i_p = \frac{v_s \cdot i_s}{v_p} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :  $V_p$  = tegangan primer (V)  
 $V_s$  = tegangan sekunder (V)  
 $I_s$  = arus sekunder (A)  
 $I_p$  = arus primer (A)

Namun untuk mengetahui arus setiap segmen pada penyulang, maka dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{\text{segmen}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :  $I_{\text{segmen}}$  = arus pada 1 segmen (A)  
 $I_1 = I_2 = I_n$  = arus pada setiap gardu (A)

Susut daya atau rugi daya listrik adalah berkurangnya pasokan daya yang dikirimkan oleh sumber pasokan (PLN) kepada yang diterima dalam hal ini konsumen, artinya daya yang dibangkitkan namun tidak terjual. Dalam hal ini pihak penyedia daya listrik (PLN), menderita kerugian akibat membangkitkan daya dengan biaya yang cukup besar tetapi tidak mendapatkan keuntungan finansial dari hasil penjualan daya tersebut. Secara umum rumus untuk mencari rugi pada jaringan yaitu sebagai berikut:

$$p = 3i^2 Rl \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:  
 $P$  = rugi rugi (kW)  
 $i$  = arus (ampere)  
 $R$  = resistansi (ohm/km)  
 $l$  = jarak (km)

$$\Delta V = \sqrt{3}(I \cdot R \cdot l \cdot \cos \varphi + I \cdot X \cdot l \cdot \sin \varphi) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :  
 $\Delta V$  = drop tegangan (V)  
 $i$  = arus (ampere)  
 $R$  = resistansi (ohm/km)

$l$  = jarak (km)

$X$  = reaktansi (ohm/km)

Dan mengambil data impedansi dari jenis kabel yang di gunakan :

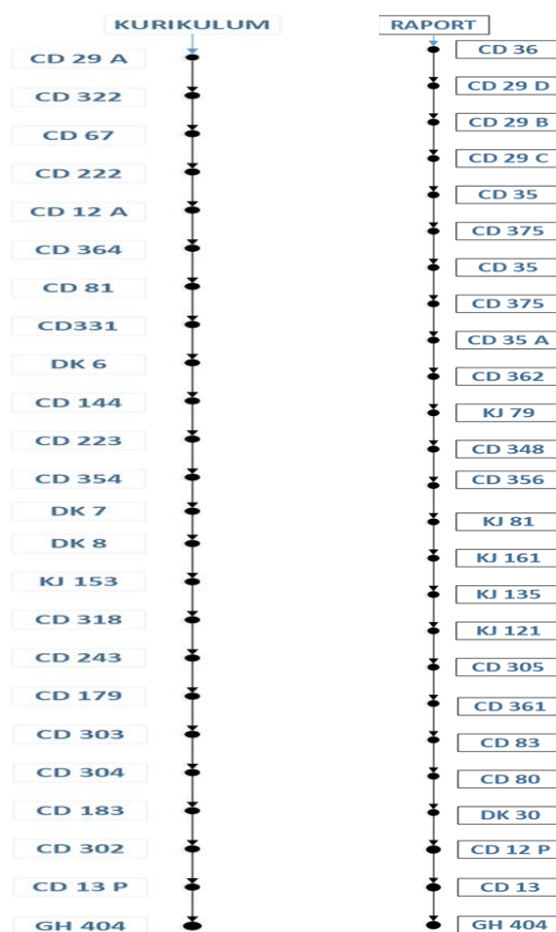
TABEL I  
DATA IMPEDANSI JENIS KABEL

A (mm <sup>2</sup> )	R (Ω/km)	R + jX (Ω/km)
150	0,206	0,206 + j 0,104
240	0,125	0,125 + j 0,097
300	0,100	0,100 + j 0,094

### III.HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Rugi Tegangan dan Drop Tegangan

Penyulang kurikulum mendapatkan suplai dari trafo 3 GI Cileduk 60 MVA. Penghantar yang digunakan kabel tanah XLPE dengan luas penampang 240 (mm)<sup>2</sup> dengan menggunakan konfigurasi spindle yang tersambung pada GH 404.



Gbr. 1 Single Line Diagram Penyulang Kurikulum dan Raport

TABEL II  
DATA ARUS GARDU DISTRIBUSI PENYULANG KURIKULUM

Nama Gardu	Arus Per Gardu (A)				Panjang Segmen (ms)
	R	S	T	Arus Rata Rata (A)	
CD29A	349	302	339	330	1309
CD322	324	276	561	388	1389
CD67	325	294	402	340	1289
CD222	324	276	561	387	1239
CD12A	459	629	473	520	1211
CD364	404	395	331	376	1266
CD81	654	535	588	592	1398
CD331	235	234	273	247	1298
DK6	532	479	438	483	1237
CD144	475	589	472	512	1152
CD223	435	443	456	444	1239
CD354	73	52	57	60	1289
DK7	403	434	372	403	1267
DK8	352	331	290	324	1238
KJ153	271	332	243	282	1397
CD318	321	285	245	283	1280
CD243	167	276	288	243	1098
CD179	337	394	330	353	1198
CD303	121	167	139	142	1085
CD304	123	85	99	102	1239
CD183	321	285	245	283	1266
CD302	303	338	285	308	1098
CD13P	291	347	339	325	1198
GH404					1209
Panjang Penyulang					29.889

Pada tabel 2 merupakan data beban arus setiap gardu distribusi di penyulang kurikulum di sisi tegangan 380 V, sehingga dengan data tersebut dapat dihitung beban arus di sisi tegangan 20 Kv.

Pada Gardu CD29A :

$$i_p = \frac{v_s \cdot i_s}{v_p}$$

$$i_p = \frac{380 \cdot 330}{20000} \quad i_p = 6,27 \text{ A}$$

Hasil perhitungan arus primer di penyulang Kurikulum lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL III  
DATA ARUS BEBAN DI SISI PRIMER

Nama Gardu	Arus Disisi Sekunder 380 V(A)	Arus Disisi Primer 20 Kv (A)
cd29a	330	6,27
cd322	388	7,37
cd67	340	6,46
cd222	387	7,35
cd12a	520	9,88
cd364	376	7,14
cd81	592	11,24
cd331	247	4,69
dk6	483	9,17
cd144	512	9,72
cd223	444	8,43
cd354	60	1,63
dk7	403	1,14
dk8	324	6,15
kj153	282	5,35
cd318	283	5,37
cd243	243	4,61
cd179	353	6,7
cd303	142	2,69
cd304	102	1,93
cd183	283	5,37
cd302	308	5,8
cd13p	325	6,17

Pada tabel 3. merupakan data beban arus setiap gardu distribusi di penyulang kurikulum di sisi tegangan primer (20 kV), sehingga dengan data tersebut didapatkan arus di setiap segmen, yaitu sebagai berikut :

$$IA = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 + i_5 + i_6 + i_7 + i_8 + i_9 + i_{10} + i_{11} + i_{12} + i_{13} + i_{14} + i_{15} + i_{16} + i_{17} + i_{18} + i_{19} + i_{20} + i_{21} + i_{22} + i_{23}$$

$$IA = (6,27 + 7,37 + 6,46 + 7,35 + 9,88 + 7,14 + 11,24 + 4,69 + 9,17 + 9,72 + 8,43 + 1,63 + 1,14 + 6,15 + 5,35 + 5,37 + 4,61 + 6,7 + 2,69 + 1,93 + 5,37 + 5,8 + 6,17) \text{ A}$$

$$IA = 139,49 \text{ A}$$

Dimana IA merupakan arus segmen pada penyulang, dimana IA adalah penjumlahan arus pada setiap gardu dari gardu pertama sampai gardu terakhir pada penyulang tersebut. Dan kemudian kita mencari drop tegangan dan rugi tegangan persegmen dengan perhitungan sebagai berikut :

$$p = 3i^2Rl$$

Dimana:

$i = 139,49$  Ampere (tabel 4.4)

$R = 0,125 \Omega/\text{km}$  (tabel 3.1)

$l = 1,309 \text{ km}$  (tabel 4.4)

$$p = 3 \times 139,49^2 \times 0,125 \times 1,309$$

$$p = 9551,18 \text{ Watt}$$

$$p = 9,551 \text{ kW}$$

dan drop tegangan persegmen.

$$\Delta V = \sqrt{3(I \cdot R \cdot l \cdot \cos \varphi + I \cdot X \cdot l \cdot \sin \varphi)} \text{ V}$$

Dimana:

$i = 139,49$  Ampere (tabel 4.4)

$R = 0,125 \Omega/\text{km}$  (tabel 3.1)

$l = 1,309$  km (tabel 4.4)

$X = 0,097 \Omega/\text{km}$  (tabel 3.1)

$\cos \varphi = 0,85$

$\sin \varphi = 0,65$

$\Delta V = \sqrt{3(139,49 \cdot 0,125 \cdot 1,309 \cdot 0,85 + 139,49 \cdot 0,097 \cdot 1,309 \cdot 0,65)}$

$\Delta V = 53,17$

Hasil perhitungan rugi rugi dan drop tegangan persegmen di penyulang Kurikulum lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL IV  
RUGI RUGI DAN DROP TEGANGAN DI SETIAP SEGMENT KURIKULUM

Nama Gardu	Panjang Segmen (M)	Arus Persegmen (A)	$\Delta V$	Rugi Rugi (Kw)
cd29a	1309	139,49	53.17	9,551
cd322	1389	133,22	53.9	9,244
cd67	1289	125,85	47.23	7,579
cd222	1239	119,39	43.06	6,622
cd12a	1211	112,04	39.75	5,7
cd364	1266	102,04	37.7	4,943
cd81	1398	95,02	38.72	4,733
cd331	1298	83,78	31.69	3,416
dk6	1237	79,09	28.52	2,9
cd144	1152	69,92	23.57	2,111
cd223	1239	60,2	21.71	1,683
cd354	1289	51,77	19.43	1,295
dk7	1267	50,14	18.52	1,194
dk8	1238	49	17.67	1,114
kj153	1397	42,85	17.46	0,961
cd318	1280	37,5	14.07	0,675
cd243	1098	32,13	10.26	0,425
cd179	1198	27,52	9.6	0,34
cd303	1085	20,82	6.59	0,176
cd304	1239	18,13	6.53	0,152
cd183	1266	16,2	3.46	0,124
cd302	1098	10,83	3.46	0,048
cd13p	1198	6,17	2.15	0,017
total rugi rugi (kW)				64,851
total drop tegangan (V)				550,74

Dengan mengikuti perhitungan pada penyulang akademi maka kita mendapatkan data penyulang report sebagai berikut :

TABEL V  
RUGI RUGI DAN DROP TEGANGAN DI SETIAP SEGMENT PENYULANG REPORT

Nama Gardu	Beban (A)			Arus Rata Rata sekunder (A)	Arus disisi primer 20 kV (A)	Arus persegmen sisi Primer (A)	panjang persegmen (m)	$\Delta V$	Rugi rugi (KW)
	R	S	T						
CD36	210	235	195	213	4,04	114,23	1209	40,19	4.31
CD29D	387	560	505	486	9,23	110,19	1189	38,12	4.14
CD29B	332	346	391	356	6,76	100,96	1231	36,41	3.50
CD29C	353	231	366	301	5,71	94,2	1109	30,38	2.68
CD35	318	229	340	329	6,25	88,49	1254	32,43	2.62
CD375	100	113	174	387	7,35	82,24	1389	33,27	2.78
CD35A	86	106	91	94	1,78	74,89	1093	23,93	1.77
CD362	125	135	140	133	2,52	73,11	1138	24,22	1.75
KJ79	287	246	350	297	5,64	70,59	1039	21,32	1.47
CD348	55	49	62	55	4,54	64,95	1109	20,95	1.30
CD356	163	226	322	182	3,45	60,41	992	17,53	1.12
KJ81	404	358	488	413	7,84	56,96	1032	17,2	1.02
KJ161	373	503	434	458	8,7	49,12	1131	16,27	0.80
KJ135	175	182	188	181	3,43	40,42	1117	13,15	0.50
KJ121	355	393	300	360	6,84	36,99	1189	12,79	0.44
CD305	234	396	354	328	6,23	30,15	1123	9,9	0.25
CD361	640	808	488	64	1,21	23,92	1299	6,04	0.28
CD83	244	199	321	275	5,22	22,71	983	6,52	0.19
KJ80	384	358	488	410	7,79	17,49	1102	5,64	0.13
DK30	426	429	599	458	8,7	9,7	1199	3,38	0.04



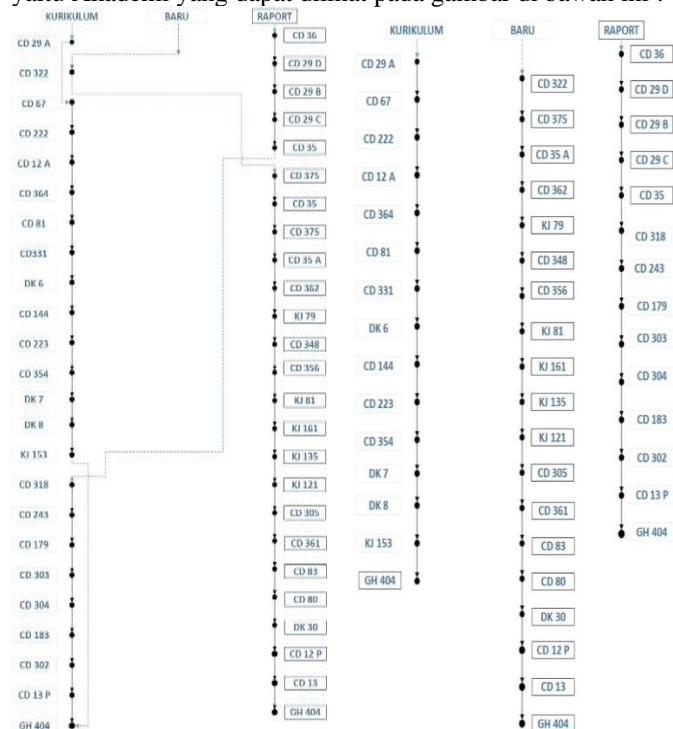
Nama Gardu	Beban (A)			Arus Rata Rata sekunder (A)	Arus disisi primer 20 kV (A)	Arus pers engmen sisi Primer (A)	panjang pers agmen (m)	$\Delta V$	Ru gi ru gi (K W )
	R	S	T						
CD12 P	20	30	23	159	0,4	1	1078	0,31	0,004
CD13	40	35	30	374	0,6	0,6	1036	0,8	0,001
gh404							1280		
TOTAL							26321	413,75	31,08

TABEL VI

DROP TEGANGAN DAN RUGI RUGI DI PENYULANG KURIKULUM DAN RAPORT

Penyulan g	$\Sigma \Delta V$ (total voltage) (V)	persentase drop	Total rugi rugi (kW)
Kurikulum	550,74	2,7%	64,851
Raport	413,75	2,06%	31,08

Setelah dilakukan pecah penyulang dengan penyulang baru yaitu Akademi yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gbr. 2 Single Line Diagram Perencanaan pecah penyulang Kurikulum dan Raport

Maka didapatkan nilai drop tegangan beserta rugi-rugi dayanya di setiap penyulang :

TABEL VII  
DROP TEGANGAN DAN RUGI DAYA SETELAH DILAKSANAKAN PENCAH PENYULANG

Penyulan g	$\Sigma \Delta V$ (total drop voltage) (V)	persentase drop	Total rugi rugi (kW)
Kurikulum	273,18	1,3%	23,24
Raport	173,79	0,8%	11,44
Akademi	286,44	1,4 %	21,39

#### IV.KESIMPULAN

Dalam penurunan drop tegangan penyulang 20 kV dengan metode pecah beban penyulang Kurikulum di PT. PLN (Persero) simpulan yang dapat diambil adalah :

1. Pecah beban dilakukan dikarenakan drop tegangan dipenyulang Kurikulum dan Raport sudah melebihi standar SPLN : 72 : 1982 yaitu 2% yang telah ditentukan, penyulang Kurikulum sebesar 2,7% dan penyulang Raport sebesar 2,06%. Setelah dilakukan pecah beban dan penambahan penyulang baru (Akademi), drop tegangan pada penyulang Kurikulum sebesar 1,3%, penyulang Raport sebesar 0,8%, dan penyulang Akademi sebesar 1,4 %.
2. Total rugi rugi jaringan pada penyulang Kurikulum sebelum pecah beban 64,85 kW, dan penyulang Raport 31,08 kW. Setelah dilakukan pecah beban, total rugi rugi pada penyulang Kurikulum 23,24 kW, penyulang Raport 11,44 kW, dan penyulang Akademi 21,39 kW.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] SPLN 70-4 PT. PLN (Persero). 1992. KHA Kabel Pilin Tegangan Rendah..
- [2] Hamles Leonardo Latupeirissa. JURNAL SIMETRIK VOL 7, NO. 2, DESEMBER 2017 PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES DAYA PADA TRAFODISTRIBUSI GARDU KP-01 DESA HATIVE KECIL. Dari <https://ejournal-polnam.ac.id/index.php/JurnalSimetrik/article/view/43/4>
- [3] SNI 0225:2011/AMD 1 : 2013 Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) AMANDEMEN 1 dari <https://maryonoam.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/01/sni-puil-2011-amandemen-bagian-5-52-dan-bagian-7.pdf>
- [4] ANALISIS DROP TEGANGAN PADA JARINGAN TEGANGAN RENDAH PT. PLN (Persero) ULP KUTACANE dari <https://eprints.pancabudi.ac.id/id/eprint/56/1/ARIOLA.pdf>
- [5] ANALISA PERBAIKAN DROP TEGANGAN JTR DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRAFODISTRIBUSI SISIP DAN UPRATING KABEL BERBASISSIMULASI ETAP 12.6.0 DI PT. PLN (PERSERO) UP3 LUBUK PAKAM ULP PERBAUNGAN. Dari <https://eprints.pancabudi.ac.id/id/eprint/20/1/AHMAD%20%20ZULFADLI.pdf>
- [6] SPLN 72 : 1982 PT. PLN (Persero). SPESIFIKASI DESAIN. UNTUK. JARINGAN TEGANGAN MENENGAH (JTM) DAN JARINGAN TEGANGAN RENDAH (JTR).