

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

1.1 Metode Penelitian

Analisis jatuh tegangan dan penanganan jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) UP3 Bandung melewati berbagai tahap penelitian. Tahap penelitian tersebut antara lain:

1. Studi literatur, yaitu cara menelaah, menggali, serta mengkaji teorema-teorema yang mendukung dalam pemecahan masalah yang diteliti. Teorema-teorema tersebut didapat baik dari jurnal ilmiah, hasil penelitian sebelumnya, maupun dari buku-buku referensi yang mendukung penelitian ini. Selain itu, studi literatur pun dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diinginkan.
2. Observasi, yaitu mengumpulkan data - data yang diperlukan untuk penelitian yang didapatkan dari lapangan. Data – data tersebut didapat dari hasil survey yang dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Bandung.
3. Diskusi, yaitu melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen, pembimbing di PT. PLN (Persero) Area Bandung dan pihak-pihak lain yang dapat membantu terlaksananya penelitian ini.
4. Melakukan simulasi menggunakan ETAP 12.6 dan melakukan perhitungan manual sebagai perbandingan.
5. Analisa Hasil, bertujuan untuk mengamati hasil simulasi apakah sistem itu berjalan atau tidak. Selain itu juga untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi jatuh tegangan sehingga dapat diminimalisir dan didapatkan solusi untuk meningkatkan keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik.

1.2 Waktu dan Tempat Penelitian

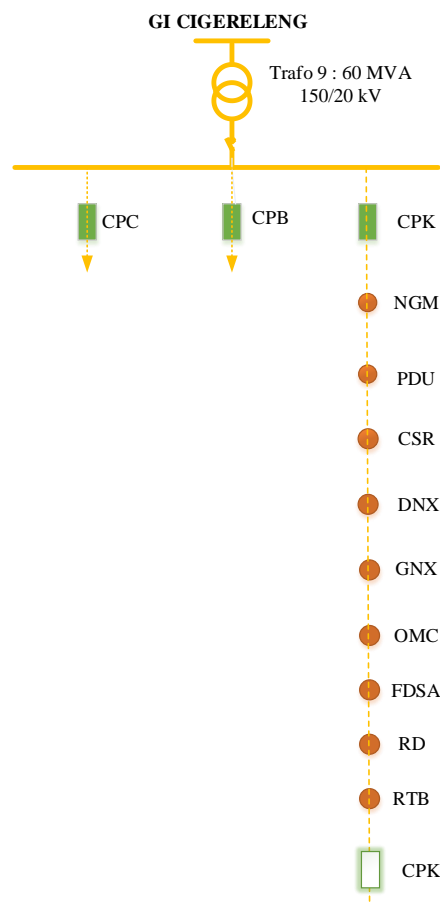
Pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini berlangsung selama 4 (empat) bulan, yaitu dari Februari 2019 s/d Mei 2019. Lokasi penelitian ini pada jaringan distribusi 20 kV Penyulang CPK yang merupakan wilayah kerja PT. PLN (Persero) UP3

(Unit Pelaksana Pelayanan Konsumen) Bandung yang berlokasi di Jl. Soekarno-Hatta No. 436 Bandung 40255.

1.3 Data Penelitian

Dalam melakukan penelitian analisis jatuh tegangan jaringan distribusi 20 kV pada Penyulang CPK ini, penulis melakukan simulasi jatuh tegangan karena dianggap sebagai gangguan yang sering terjadi dan akan menentukan faktor keandalan dalam penyaluran tenaga listrik. Data-data penelitian yang digunakan merupakan data beban puncak pada Bulan Maret 2019 karena dianggap paling crucial dalam sistem tenaga listrik. Data-data yang dibutuhkan dalam analisis jatuh tegangan pada jaringan distribusi 20 kV Penyulang CPK adalah sebagai berikut :

1.3.1 Data Single Line Diagram



Gambar 3.1 *Single Line Diagram* Penyulang CPK

1.3.2 Data Pembebanan Trafo Distribusi pada Penyulang CPK

Gardu Induk Cigereleng memiliki 1 rel 150 kV yang bersumber dari (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi) GITET Bandung Selatan. Rel tersebut mensuplai 4 buah trafo tenaga berkapasitas 60 MVA dengan tegangan kerja 150 kV/20 kV, keempat trafo tenaga ini kemudian mengisi tegangan ke busbar 20 kV. Salah satunya menuju penyulang CPK yang terdiri dari 9 buah gardu distribusi 20 kV. Di bawah ini merupakan daftar trafo distribusi pada penyulang CPK.

Singkat PYL : CPK

Nama PYL : Cigereleng Palasari Kuning

Kode PYL : 8

Tabel 3.1 Daftar Trafo Distribusi pada Penyulang CPK

NO	GARDU	NAMA GARDU	ALAMAT	TRAFO (kVA)
1	NGM	PT. NAGAMAS	Jl. Cisirung No. 1 Palasari Bandung	250
2	PDU	CV. PAMATEX	Kp. Citepus No. 7 Bandung	400
3	CSR	PABRIK PLASTIK / SONY	Jl. Cisirung No. 3 Bandung	400
4	DNX	DANATEX PERTENUNAN	Jl. Cisirung Km. 67 Bandung	400
5	GNX	PT. INTI GUNAWAN TEX	Jl. Citepus No. 89 Bandung	400
6	OMC	OBAT MATA CENDO / PT CENDO	Jl. Citepus No. 9 Palasari Bandung	400
7	FDSA	PT. FIRMANJAYA DUA SAUDARA A	Jl. Radio No. 150 Bandung	1600
8	RD	RADIO DAYEUEHKOLOT	Jl. Radio No. 10 Bandung	400

NO	GARDU	NAMA GARDU	ALAMAT	TRAFO (kVA)
9	RTB	GEDUNG RUSUNAWA ITT	Jl. Terusan Buah Batu No. 10	630

1.3.3 Data Jenis Penghantar pada Penyulang CPK

Kode GI : E

Singkat GI : CGRLG

Singkat PYL : CPK

Tabel 3.2 Daftar SKTM (Kabel) Antar Gardu pada Penyulang CPK

NO	GARDU		JENIS KABEL	PANJANG KABEL (m)
	AWAL	AKHIR		
1	E	NGM	PILC 3 x 150 mm ²	3.854
2	NGM	PDU	PILC 3 x 150 mm ²	128
3	PDU	CSR	PILC 3 x 150 mm ²	100
4	CSR	DNX	PILC 3 x 150 mm ²	61
5	DNX	GNX	PILC 3 x 150 mm ²	588
6	GNX	OMC	PILC 3 x 150 mm ²	387
7	OMC	FDSA	NA2XSEBY 3 x 240 mm ²	1.967
8	FDSA	RD	NA2XSEBY 3 x 300 mm ²	216
9	RD	RTB	NA2XSEBY 3 x 300 mm ²	1343

1.3.4 Data Impedansi Penghantar

Tabel 3.3 Daftar Tahanan, Induktansi dan Kapasitansi Kabel XLPE N2XSEBY / NA2XSEBY Tegangan 12 / 20 kV (IEC 502, 2019)

Σ Fasa	Penghantar		Tahanan pada AC temp 90°C	Saat operasi		Maks kapasitas arus temp 30°C		Arus hub singkat /s	Teg nom. prcbrn
	Luas pnm pg	Cu /Al		Induktansi (L)	Kapasitansi (C)	dlm tanah	di udara		
	mm ²		Ohm/km	mH/km	mF/km	Amp	Amp	kA	kV/5 min
3	35	Cu	0,6680	0,520	0,131	164	173	5,01	30
		Al	1,1130	0,520	0,131	127	139	3,29	30
3	50	Cu	0,4940	0,497	0,143	194	206	7,15	30
		Al	0,8220	0,497	0,143	148	161	4,70	30
3	70	Cu	0,3420	0,467	0,162	236	257	10,01	30
		Al	0,5680	0,467	0,162	179	204	6,58	30
3	120	Cu	0,1960	0,430	0,195	322	360	17,16	30
		Al	0,3250	0,430	0,195	246	292	11,28	30
3	150	Cu	0,1590	0,414	0,213	362	410	21,45	30
		Al	0,2650	0,414	0,213	264	313	14,10	30
3	185	Cu	0,1280	0,404	0,227	409	469	26,46	30
		Al	0,2110	0,404	0,227	308	365	17,3	30
3	240	Cu	0,0980	0,382	0,263	474	553	34,32	30
		Al	0,1620	0,382	0,273	358	425	22,56	30
3	300	Cu	0,0790	0,376	0,276	533	629	42,90	30
		Al	0,1300	0,376	0,276	398	481	28,20	30

Keterangan :

Impedansi yang digunakan dalam perhitungan disesuaikan dengan jenis penghantar pada Penyulang CPK yang ditandai dengan warna kuning.

1.3.5 Data Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik PT. PLN (Persero)

Tabel 3.4 Data Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik PT. PLN (Persero)
Bulan Januari – Maret 2019

NO	GOL TARIF	BATAS DAYA	REGULAR		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/Bu lan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) dan BIAYA kVARh (Rp/kWh)	
1	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
5	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
6	B- 3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVARh = 1.114,74 ****)	-
7	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVARh = 1.114,74 ****)	-
8	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVARh = 996,74****)	-
9	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
10	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVARh = 1.114,74 ****)	-
11	P-3/TR		*)	1.467,28	1.467,28
12	UTR, TM, TT			1.644,52	-

Keterangan :

Bagian warna kuning menunjukkan tarif listrik pada Penyulang CPK yang termasuk golongan industri (I-3/TM di atas 200 kVA)

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

$RM1 = 40 \text{ (Jam nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Daya Pemakaian}$

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

$RM2 = 40 \text{ (Jam nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Daya Pemakaian LWBP.}$

Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

*****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):

$RM3 = 40 \text{ (Jam nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Daya Pemakaian WBP dan LWBP.}$

Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVARh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

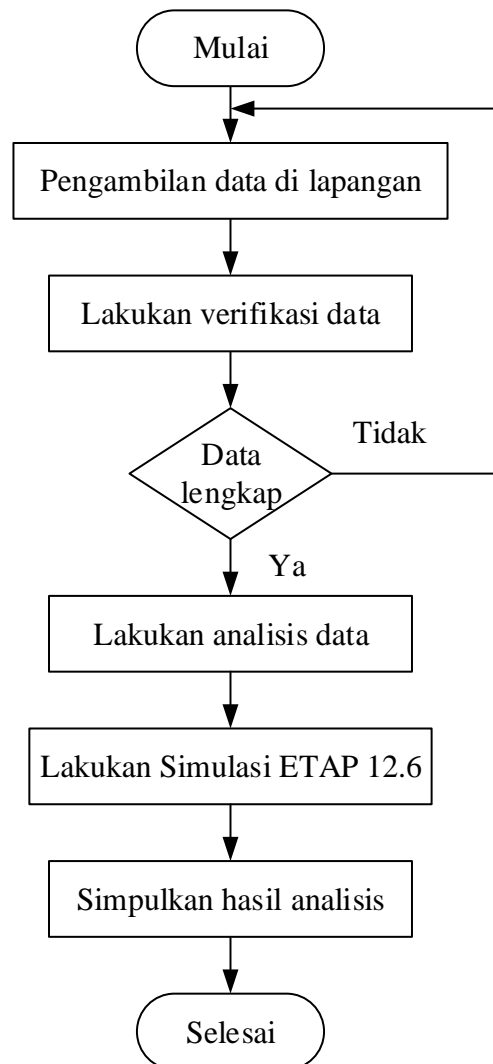
K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sisem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi PT PLN (Persero).

WBP : Waktu Beban Puncak

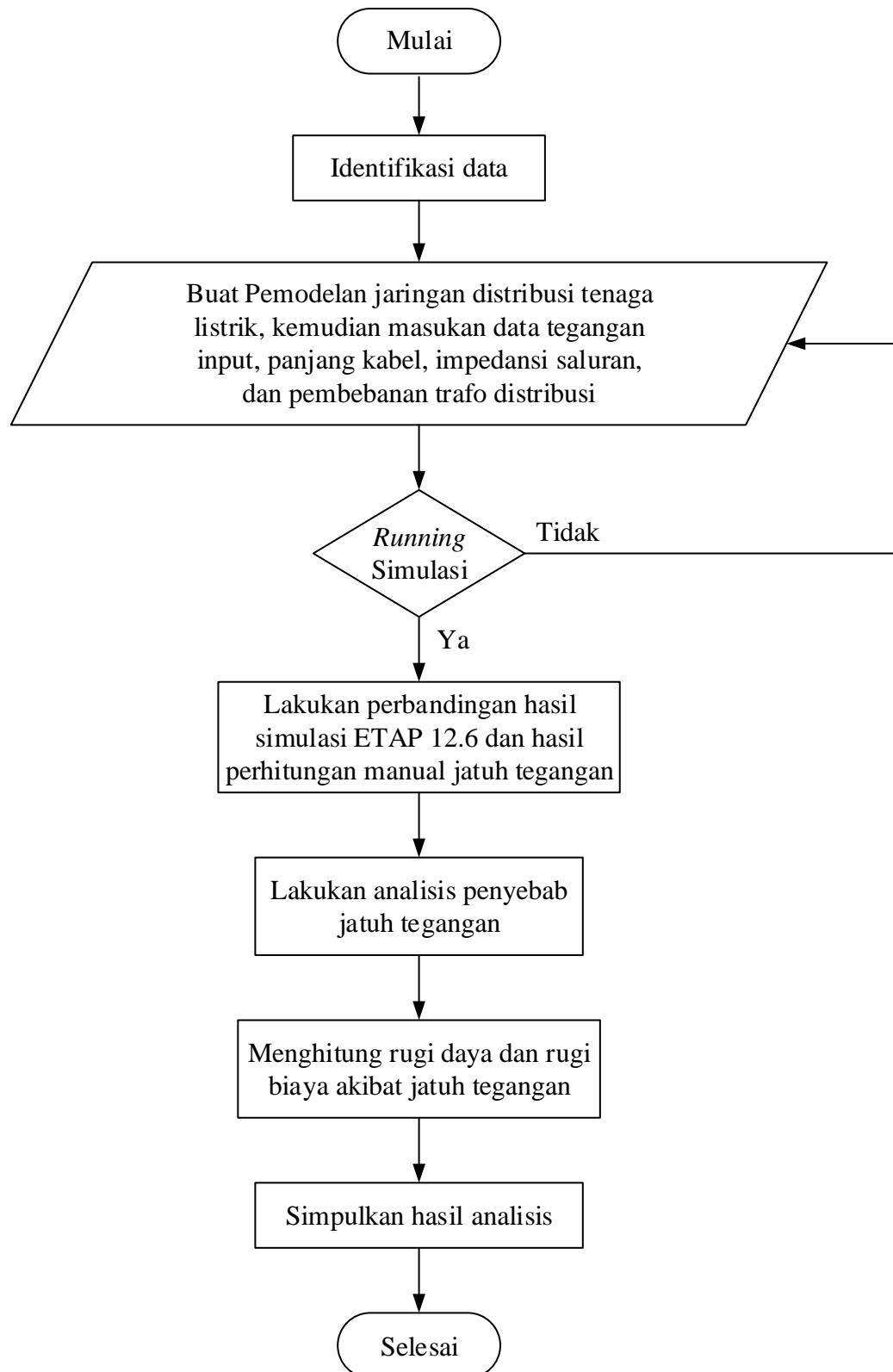
LWBP : Luar Waktu Beban Puncak

1.4 Langkah - Langkah Penelitian

Langkah - langkah yang sistematis dalam penelitian harus diperhatikan. Hal tersebut berguna untuk memberikan arahan yang untuk mempermudah pemahaman tujuan yang ingin dicapai dalam proses penelitian. Langkah-langkah penelitian tersebut diperlihatkan pada gambar bagan alir penelitian di bawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir (*Flow Chart*) Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3.3 Diagram Alir (*Flow Chart*) Analisis Jatuh Tegangan

1.4.1 Mengidentifikasi Data

Data yang akan *diinput* pada pemodelan jaringan distribusi tenaga listrik perlu diidentifikasi terlebih dahulu. Identifikasi data meliputi kesesuaian besaran data dan kelengkapannya sesuai dengan keperluan. Hal tersebut agar didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan.

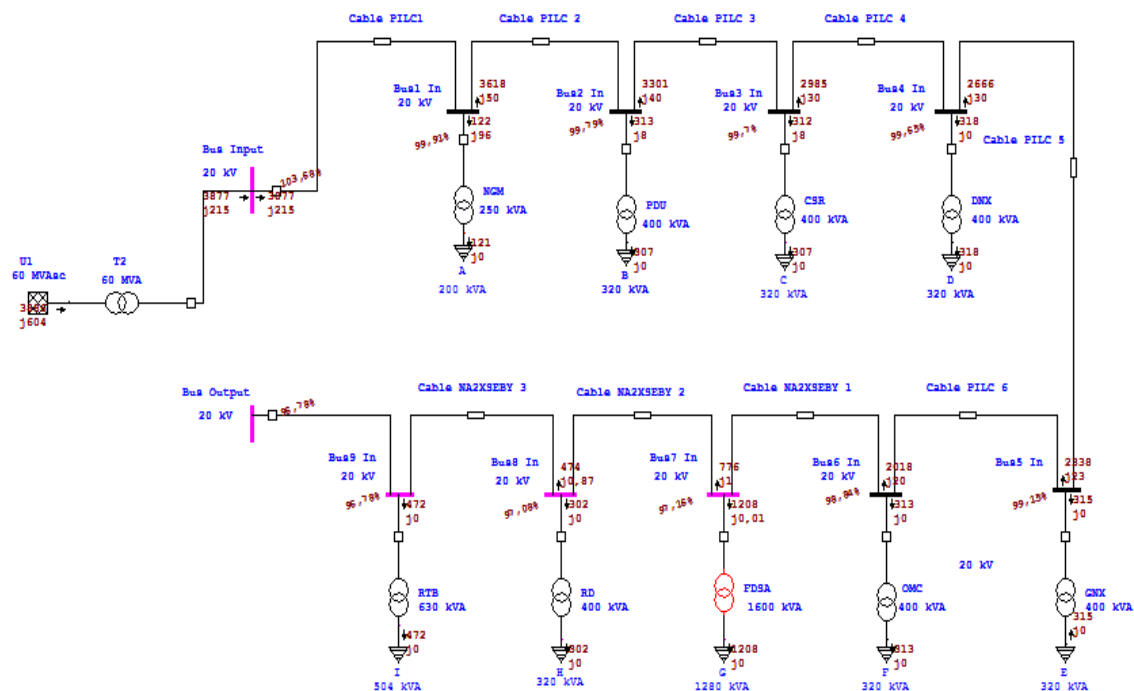
1.4.2 Membuat Pemodelan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Pemodelan jaringan distribusi tenaga listrik pembuatannya disesuaikan dengan tipe jaringan distribusi pada Penyulang CPK, yaitu menggunakan tipe jaringan *loop* yang memungkinkan sistem manuver jaringan jika terjadi gangguan sehingga keandalan dalam penyaluran energi listrik bisa terjaga.

1.4.3 *Running* Simulasi ETAP

Simulasi ETAP dilakukan untuk mengetahui nilai persentase jatuh tegangan dan nilai tegangan terima yang terjadi pada Penyulang CPK. *Running* simulasi ETAP bisa dilakukan jika semua komponen sudah tersambung dengan baik dan data telah *diinput* secara lengkap. Jika aspek-aspek tersebut belum terpenuhi maka akan terjadi *error* pada *software* ETAP 12.6 dan perlu ditelusuri penyebabnya.

Simulasi jatuh tegangan diawali dengan pembuatan pemodelan jaringan distribusi tenaga listrik menggunakan *software* ETAP 12.6, kemudian memasukan data tegangan input ($V_s = 20$ kV), data impedansi saluran, data jenis penghantar yang digunakan serta data pembebanan trafo. Berdasarkan hasil *running*, pemodelan tersebut menghasilkan data jatuh tegangan sebagai berikut.



Gambar 3. 4 Hasil *Running* Jatuh Tegangan Menggunakan *Software* ETAP 12.6

Simulasi ini dilakukan berdasarkan (SPLN D3.0002 -1, 2008) yaitu kondisi pembebanan trafo sebesar 80% sesuai dengan kapasitas beban trafo distribusi pada setiap gardu. Hasil simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6 selanjutnya dibuat tabel data hasil simulasi jatuh tegangan dari GI Cigereleng ($V_s = 150$ kV) menuju setiap gardu distribusi ($V_s = 20$ kV) sebagai berikut.

Kode GI : E

Singkat GI : CGRLG

Singkat PYL : CPK

V_d : *Voltage Drop* / jatuh tegangan (volt)

V_r : *Voltage Receiver* / tegangan terima (volt)

% V_d : Persentase jatuh tegangan (%)

%Regulasi : Persentase dari perbedaan tegangan antara tanpa beban dan berbeban terhadap tegangan berbeban

Tabel 3. 5 Data Hasil Simulasi Jatuh Tegangan Menggunakan ETAP 12.6

NO	GARDU		Vd (Volt)	Vr (Volt)	% Vd	%Regulasi
	AWAL	AKHIR				
1	E	NGM	21	19979	0,105	0,105
2	E	PDU	45	19955	0,225	0,225
3	E	CSR	63	19937	0,315	0,315
4	E	DNX	73	19927	0,365	0,366
5	E	GNX	172	19828	0,86	0,867
6	E	OMC	234	19766	1,17	1,18
7	E	FDSA	572	19428	2,86	2,94
8	E	RD	586	19414	2,93	3,01
9	E	RTB	648	19352	3,24	3,34

1.4.4 Melakukan Perhitungan Manual Jatuh Tegangan

Perhitungan manual jatuh tegangan memerlukan data tegangan input ($V_s = 20$ kV), data impedansi saluran, data jenis penghantar yang digunakan serta data pembebanan trafo. Perhitungan ini dilakukan berdasarkan (SPLN D3.0002 -1, 2008) yaitu kondisi pembebanan trafo sebesar 80% sesuai dengan kapasitas beban trafo distribusi pada setiap gardu. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam menghitung jatuh tegangan pada penyulang CPK.

1. Menghitung Jumlah Beban Trafo Distribusi dalam ampere

Berdasarkan tabel 3.2, maka untuk menghitung nilai beban trafo distribusi dalam ampere dilakukan dengan membagi daya semu (kVA) dengan tegangan kirim (20 kV), yaitu ditampilkan pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Daftar Beban Trafo Distribusi pada Penyulang CPK

NO	GARDU	TRAFO (kVA)	ARUS (ampere)
1	NGM	250	12,5
2	PDU	400	20

NO	GARDU	TRAFO (kVA)	ARUS (ampere)
3	CSR	400	20
4	DNX	400	20
5	GNX	400	20
6	OMC	400	20
7	FDSA	1600	80
8	RD	400	20
9	RTB	630	31,5

2. Menghitung Impedansi Saluran

Nilai impedansi pada Penyulang CPK dalam perhitungannya reaktansi kapasitif diabaikan, maka hanya menggunakan reaktansi induktif dengan perhitungan sebagai berikut.

$$X_L = \omega L$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$\text{Dik : } \pi = 3,14$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = L_5 = L_6 = 0,414 \text{ mH/km}$$

$$L_7 = 0,382 \text{ mH/km}$$

$$L_8 = L_9 = 0,376 \text{ mH/km}$$

$$X_{L1} = 2\pi fL_1$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,414$$

$$= 130 \Omega$$

$$X_{L1} = X_{L2} = X_{L3} = X_{L4} = X_{L5} = X_{L6} = 130 \Omega$$

$$X_{L7} = 2\pi fL_7$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,382$$

$$X_{L7} = 120 \Omega$$

$$X_{L8} = 2\pi fL_8$$

$$= 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,376$$

$$= 118 \Omega$$

$$X_{L8} = X_{L9} = 118 \Omega$$

Titik PT (E) ke titik A (Gardu NGM) sebagai titik sampel pada Penyulang CPK dengan panjang saluran 3,854 km dan impedansi kabel PILC 3 x 150 mm² (0,265 + j0,130), maka dapat dihitung besarnya nilai impedansi titik PT ke titik A yaitu :

$$Z = (R + jx) l$$

$$Z_1 = (0,265 + j0,130) 3,854 \text{ km}$$

$$= 1,0213 + j0,501 \Omega$$

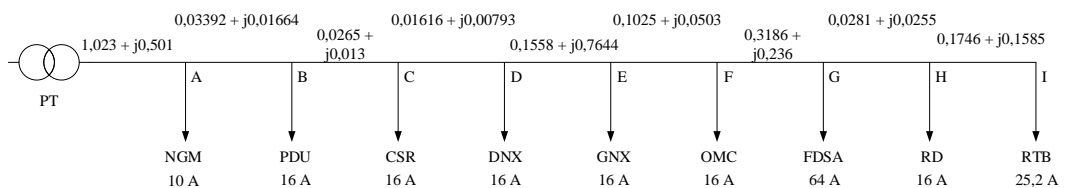
Tabel 3.7 Impedansi Jaringan 20 kV Penyulang CPK

NO	TITIK SALURAN	PANJANG SALURAN (km)	IMPEDANSI SALURAN (Ω)
1	PT-A	3,854	1,0213 + j0,501
2	A-B	0,128	0,03392 + j0,01664
3	B-C	0,1	0,0265 + j0,013
4	C-D	0,061	0,016165 + j0,00793
5	D-E	0,588	0,1558 + j0,07644
6	E-F	0,387	0,10255 + j0,0503
7	F-G	1,967	0,3186 + j0,236
8	G-H	0,216	0,0281 + j0,0255

9	H-I	1,343	$0,1746 + j0,1585$
Impedansi Total			$1,877535 + j1,08531$

Berdasarkan tabel 3.7, didapatkan impedansi total jaringan sebesar $1,877535 + j1,08531 \Omega$ atau $2,16865 \angle 30,03^\circ \Omega$.

3. Perhitungan jatuh tegangan per titik gardu distribusi



Gambar 3.5 Diagram Nilai Impedansi Gardu pada Penyulang CPK

Sistem jaringan distribusi pada Penyulang CPK ini menggunakan sistem 3 fasa, pembebanan trafo distribusi sebesar 80 % yang mengacu pada standar (SPLN D3.0002 -1, 2008), dengan $\cos \rho = 0,9$ maka untuk menghitung jatuh tegangan adalah sebagai berikut.

$$\Delta V = I \times Z \times \sqrt{3}$$

$$\Delta V = I_n [R (\cos \rho) + j (\sin \rho)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{PT-A} = 10 [1,0213 (0,9) + 0,501 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{PT-A} = 10 [0,919 + 0,2179] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{PT-A} = 10 [1,1369] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{PT-A} = 11,369 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{PT-A} = 19,668 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{A-B} = 16 [1,055 (0,9) + 0,5176 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{A-B} = 16 [0,9495 + 0,2251] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{A-B} = 16 [1,174] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{A-B} = 18,784 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{A-B} = 32,496 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{B-C} = 16 [1,0806 (0,9) + 0,5306 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{B-C} = 16 [0,972 + 0,2308] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{B-C} = 16 [1,202] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{B-C} = 19,232 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{B-C} = 33,27 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{C-D} = 16 [1,0968 (0,9) + 0,5385 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{C-D} = 16 [0,987 + 0,234] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{C-D} = 16 [1,214] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{C-D} = 19,424 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{C-D} = 33,603 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{D-E} = 16 [1,2525 (0,9) + 0,615 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{D-E} = 16 [1,1272 + 0,2675] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{D-E} = 16 [1,394] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{D-E} = 22,304 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{D-E} = 38,585 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{E-F} = 16 [1,355 (0,9) + 0,665 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{E-F} = 16 [1,2195 + 0,2892] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{E-F} = 16 [1,5087] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{E-F} = 24,139 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{E-F} = 41,76 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{F-G} = 64 [1,6736 (0,9) + 0,901 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{F-G} = 64 [1,506 + 0,3919] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{F-G} = 64 [1,898] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{F-G} = 121,472 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{F-G} = 210,146 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{G-H} = 16 [1,701 (0,9) + 0,92677 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{G-H} = 16 [1,530 + 0,40] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{G-H} = 16 [1,934] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{G-H} = 30,94 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{G-H} = 53,533 \text{ volt}$$

$$\Delta V_{H-I} = 25,2 [1,876 (0,9) + 0,0853 (0,435)] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{H-I} = 25,2 [1,688 + 0,4721] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{H-I} = 25,2 [2,1601] \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{H-I} = 54,434 \sqrt{3}$$

$$\Delta V_{H-I} = 94,17 \text{ volt}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{Total}} &= \Delta V_{PT-A} + \Delta V_{A-B} + \Delta V_{B-C} + \Delta V_{C-D} + \Delta V_{D-E} + \Delta V_{E-F} + \Delta V_{d_{F-G}} \\ &\quad + \Delta V_{G-H} + \Delta V_{H-I} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{Total}} &= 19,668 + 32,496 + 33,27 + 33,603 + 38,585 + 41,76 + 210,146 + \\ &\quad 53,533 + 94,17 \end{aligned}$$

$$\Delta V_{\text{Total}} = 537,563 \text{ volt}$$

4. Perhitungan persentase jatuh tegangan dan tegangan terima

Maka besarnya persentase jatuh tegangan yaitu:

$$\% V_d = \frac{V_d}{V_s} \times 100\%$$

$$\% V_d = \frac{537,563}{20000} \times 100\%$$

$$\% V_d = 2,687 \%$$

Tegangan terima sisi GH Palasari :

$$V_r = V_s - V_d$$

$$V_r = 20000 \text{ V} - 537,563 \text{ V}$$

$$V_r = 19462,4 \text{ volt}$$

5. Perhitungan Regulasi Tegangan

Telah diketahui bahwa tegangan terima sebesar 19302,686 volt dan tegangan sumber 20 kV maka besarnya regulasi tegangan yaitu:

$$\% \text{Regulasi} = \frac{|V_s| - |V_r|}{|V_r|} \times 100\%$$

$$\% \text{Regulasi} = \frac{20000 - 19462,4}{19462,4} \times 100\% = 2,76 \%$$

Tabel 3. 8 Data Hasil Perhitungan Manual Jatuh Tegangan

NO	GARDU		Vd (Volt)	Vr (Volt)	%Vd	%Regulasi
	AWAL	AKHIR				
1	E	NGM	19,668	19980,3	0,1	0,1
2	E	PDU	32,496	19967,5	0,162	0,162
3	E	CSR	65,766	19934,2	0,328	0,329
4	E	DNX	99,369	19900,6	0,486	0,499
5	E	GNX	137,954	19862	0,689	0,694
6	E	OMC	179,714	19820,3	0,898	0,906
7	E	FDSA	389,86	19610,1	1,949	1,988
8	E	RD	443,393	19556,6	2,221	2,226
9	E	RTB	537,563	19462,4	2,687	2,762

1.4.5 Membandingkan Hasil Simulasi ETAP dan Hasil Perhitungan Manual Jatuh Tegangan

Berdasarkan hasil simulasi ETAP 12.6 dan perhitungan manual jatuh tegangan dapat dibandingkan nilai % V_d dengan data sebagai berikut.

V_d ETAP : Nilai jatuh tegangan hasil simulasi ETAP 12.6 (volt)

V_d Manual : Nilai jatuh tegangan hasil perhitungan manual (volt)

% V_d ETAP : Nilai persentase jatuh tegangan hasil simulasi ETAP 12.6 (%)

% V_d Manual : Nilai persentase jatuh tegangan hasil perhitungan manual (%)

Selisih % V_d : Nilai persentase selisih antara % V_d ETAP dan % V_d Manual

Tabel 3.9 Data Perbandingan Jatuh Tegangan Hasil Simulasi ETAP 12.6 dan Hasil Perhitungan Manual

NO	GARDU		V_d ETAP (volt)	% V_d ETAP	V_d MANUAL (volt)	% V_d MANUAL	SELISIH % V_d
	AWAL	AKHIR					
1	E	NGM	21	0,105	19,668	0,1	0,005
2	E	PDU	45	0,225	32,496	0,162	0,063
3	E	CSR	63	0,315	65,766	0,328	0,013
4	E	DNX	73	0,365	99,369	0,486	0,121
5	E	GNX	172	0,86	137,954	0,689	0,171
6	E	OMC	234	1,17	179,714	0,898	0,272
7	E	FDSA	572	2,86	389,86	1,949	0,911
8	E	RD	586	2,93	443,393	2,221	0,709
9	E	RTB	648	3,24	537,563	2,687	0,553

Selisih persentase jatuh tegangan tersebut disebabkan karena adanya *error* pada *software* ETAP 12.6 yang digunakan. *Error* tersebut dapat terjadi karena banyaknya variabel yang dimasukkan saat menginput data pada pemodelan jaringan distribusi tenaga listrik dalam *software* ETAP 12.6. Dengan mengambil sampel % V_d manual = 0,123% dan % V_d ETAP = 0,05 maka besarnya % *error* tersebut dapat dihitung sebagai berikut.

$$\% \text{ error} = \frac{\%V_d \text{ ETAP} - \%V_d \text{ MANUAL}}{\%V_d \text{ ETAP}}$$

$$\% \text{ error}_1 = \frac{0,123\% - 0,05\%}{0,123\%} = 59,34\%$$

Tabel 3.10 Persentase Error dari Selisih % V_d (Persentase Jatuh Tegangan)

NO	GARDU		% V_d	% V_d	SELISIH	%
	AWAL	AKHIR	ETAP	MANUAL	% V_d	<i>ERROR</i>
1	E	NGM	0,105	0,1	0,005	4,76
2	E	PDU	0,225	0,162	0,063	2,8
3	E	CSR	0,315	0,328	0,013	4,12
4	E	DNX	0,365	0,486	0,121	33,15
NO	GARDU		% V_d	% V_d	SELISIH	%
	AWAL	AKHIR	ETAP	MANUAL	% V_d	<i>ERROR</i>
5	E	GNX	0,86	0,689	0,171	19,88
6	E	OMC	1,17	0,898	0,272	23,24
7	E	FDSA	2,86	1,949	0,911	31,85
8	E	RD	2,93	2,221	0,709	24,19
9	E	RTB	3,24	2,687	0,553	17,06

1.4.6 Melakukan Analisis Penyebab Jatuh Tegangan

Menurut data lapangan dan hasil perhitungan, faktor penyebab jatuh tegangan pada Penyulang CPK ada 2 yaitu nilai arus beban (I dalam ampere) dan nilai impedansi saluran (Z dalam Ω). Hal tersebut sesuai dengan rumus berikut.

$$\Delta V = I \times Z \times \sqrt{3}$$

Nilai arus dan impedansi sebanding dengan nilai jatuh tegangan (ΔV dalam volt) sehingga semakin besar nilainya maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan pada Penyulang CPK. Nilai arus dan impedansi saluran dipengaruhi oleh hal-hal berikut.

1. Pembebanan Trafo Distribusi

Besarnya beban trafo pada Penyulang CPK disebabkan karena semua gardu distribusi tegangan menengah pada Penyulang CPK merupakan jenis konsumen premium golongan I_3 (Industri 3) berupa pabrik-pabrik tekstil yang

memerlukan daya besar untuk mengoperasikan mesin produksinya. Nilai I (arus dalam ampere) didapat dari data beban trafo distribusi (S dalam kVA) dibagi dengan nilai tegangan sumber 20 kV). Hal tersebut sesuai dengan rumus berikut.

$$I = \frac{S}{V} = \frac{(kVA)}{(kV)} = A \text{ (ampere)}$$

Berdasarkan rumus arus tersebut dapat diketahui bahwa beban trafo (S dalam kVA) berbanding lurus dengan nilai arus (I dalam ampere), sehingga semakin besar beban trafo maka semakin besar nilai arus maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan pada Penyulang CPK.

2. Jenis Penghantar

Jenis penghantar mempengaruhi besarnya nilai impedansi saluran. Impedansi saluran ditentukan oleh nilai faktor daya dan nilai resistansi penghantar (R dalam Ω). Namun nilai faktor daya pada Penyulang CPK mendekati 1 (satu) yaitu $\cos\phi = 0,9$ sehingga tidak terlalu berpengaruh pada besarnya nilai jatuh tegangan. Nilai resistansi penghantar dipengaruhi oleh nilai tahanan jenis penghantar (ρ dalam Ω), panjang penghantar (l dalam meter), dan luas penampang penghantar (A dalam mm^2). Hal tersebut sesuai dengan rumus berikut.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Ada 2 jenis penghantar berupa kabel pada Penyulang CPK, yaitu kabel PILC 3 x 150 mm^2 dan NA2XSEBY 3 x 240 mm^2 . Kedua kabel tersebut memiliki jenis konduktor yang sama yaitu aluminium. Jenis konduktor menentukan nilai tahanan jenis penghantar (ρ dalam Ω). Aluminium memiliki nilai tahanan jenis penghantar (ρ) = 0,028264 $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$. Semakin besar nilai (ρ dalam Ω) maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan pada Penyulang CPK.

Panjang penghantar pada Penyulang CPK terdapat pada tabel 3.3. Panjang penghantar yang berupa kabel mempengaruhi nilai resistansi penghantar (R dalam Ω). Hal tersebut disebabkan karena panjang penghantar (l dalam meter) sebanding dengan nilai resistansi penghantar. Semakin panjang penghantar

tersebut maka semakin besar nilai resistansi penghantar maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan pada Penyulang CPK.

Ada 3 jenis luas penampang penghantar (A dalam mm^2) yang berupa kabel pada Penyulang CPK yaitu 150 mm^2 , 240 mm^2 , dan 300 mm^2 . Besarnya luas penampang penghantar mempengaruhi nilai resistansi penghantar (R dalam Ω). Hal tersebut disebabkan karena luas penampang penghantar (A dalam mm^2) sebanding dengan nilai resistansi penghantar. Semakin besar luas penampang penghantar tersebut maka semakin besar nilai resistansi penghantar maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan pada Penyulang CPK.

3. *Jointing* kabel

Adanya *jointing* kabel sepanjang 8.644 meter sebanyak 30 buah pada Penyulang CPK, dengan ketentuan *jointing* kabel dilaksanakan setiap jarak 250 meter. Jika *jointing* kabel kurang baik dalam pemasangannya, maka dapat mempengaruhi nilai resistansi pada kabel penghantar sehingga dapat mempengaruhi nilai jatuh tegangan. Data jumlah *jointing* kabel pada Penyulang CPK tersaji dalam tabel 4.6 berikut.

Tabel 3.11 Data Jumlah *Jointing* Kabel pada Penyulang CPK

NO	GARDU		PANJANG KABEL (m)	JUMLAH <i>JOINTING</i> KABEL
	AWAL	AKHIR		
1	E	NGM	3854	15
2	NGM	PDU	128	-
3	PDU	CSR	100	-
4	CSR	DNX	61	-
5	DNX	GNX	588	2
6	GNX	OMC	387	1
7	OMC	FDSA	1967	7
8	FDSA	RD	216	-
9	RD	RTB	1343	5

1.4.7 Menghitung Rugi Daya dan Rugi Biaya Akibat Jatuh Tegangan

1.4.7.1 Pada Sisi PLN

Jatuh tegangan menyebabkan timbulnya rugi daya dan rugi biaya. Rugi daya merupakan daya yang hilang akibat jatuh tegangan dan menghasilkan biaya yang hilang pula. Berdasarkan data yang didapatkan, untuk menghitung besarnya rugi daya dan biaya yang hilang akibat jatuh tegangan yaitu dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menghitung Nilai Resistansi Kabel

Nilai resistansi kabel pada setiap gardu distribusi perhitungannya memerlukan data panjang kabel (l dalam meter) dari awal penyulang (GI Cigereleng) hingga ke gardu distribusi tersebut. Selain itu perlu diketahui luas penampang (A dalam mm^2) dan jenis kabel yang digunakan untuk menentukan besarnya massa jenis konduktor (ρ). Pada Penyulang CPK menggunakan jenis konduktor aluminium dengan nilai massa jenis konduktor (ρ) = $0,028264 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$. Dengan mengambil sampel titik PT (E) ke titik A (Gardu NGM) pada penyulang CPK dengan panjang saluran 3854 m dan jenis kabel PILC 3 x 150 mm^2 , maka dapat dihitung besarnya nilai resistansi pada Gardu NGM yaitu :

$$R = \frac{\rho l}{A} (\Omega)$$

$$R_1 = \frac{0,028264 \times 3854}{150} = 0,7261 \Omega$$

$$R_2 = \frac{0,028264 \times 3982}{150} = 0,7503 \Omega$$

$$R_3 = \frac{0,028264 \times 4082}{150} = 0,7691 \Omega$$

$$R_4 = \frac{0,028264 \times 4143}{150} = 0,7806 \Omega$$

$$R_5 = \frac{0,028264 \times 4731}{150} = 0,8914 \Omega$$

$$R_6 = \frac{0,028264 \times 5118}{150} = 0,9642 \Omega$$

$$R_7 = \frac{0,028264 \times 7085}{240} = 0,8343 \Omega$$

$$R_8 = \frac{0,028264 \times 7301}{300} = 0,6878 \Omega$$

$$R_9 = \frac{0,028264 \times 8644}{300} = 0,8143 \Omega$$

Tabel 312 Nilai Resistansi Pada Penyulang CPK

NO	GARDU		PANJANG KABEL (m)	JENIS KABEL	RESISTANSI (Ω)
	AWAL	AKHIR			
1	E	NGM	3.854	PILC 3 x 150 mm ²	0,7261
2	E	PDU	3.982	PILC 3 x 150 mm ²	0,7503
3	E	CSR	4.082	PILC 3 x 150 mm ²	0,7691
4	E	DNX	4.143	PILC 3 x 150 mm ²	0,7806
NO	GARDU		PANJANG KABEL (m)	JENIS KABEL	RESISTANSI (Ω)
	AWAL	AKHIR			
5	E	GNX	4.743	PILC 3 x 150 mm ²	0,8914
6	E	OMC	5.118	PILC 3 x 150 mm ²	0,9642
7	E	FDSA	7.085	NA2XSEBY 3 x 240 mm ²	0,8343
8	E	RD	7.301	NA2XSEBY 3 x 300 mm ²	0,6878
9	E	RTB	8.644	NA2XSEBY 3 x 300 mm ²	0,8143

2. Menghitung Rugi Daya

Rugi daya yang dimaksud merupakan daya yang hilang akibat jatuh tegangan pada saluran distribusi. Rugi daya ini dialami oleh PT. PLN UP3 Bandung sebagai pemilik jaringan distribusi 20 kV Penyulang CPK. Nilai rugi daya didapat dengan menggunakan nilai resistansi (R dalam Ω /ohm) pada setiap gardu distribusi yang telah dihitung sebelumnya, kemudian dikalikan dengan nominal arus (I dalam ampere) sesuai dengan beban trafo pada setiap gardu distribusi. Perhitungan rugi daya pada Penyulang CPK yaitu sebagai berikut.

$$P = I^2 \times R \text{ (watt)}$$

$$P_1 = 10^2 \times 0,7261 = 72,62 \text{ watt}$$

$$P_2 = 16^2 \times 0,7503 = 192,072 \text{ watt}$$

$$P_3 = 16^2 \times 0,7691 = 196,889 \text{ watt}$$

$$P_4 = 16^2 \times 0,7806 = 199,833 \text{ watt}$$

$$P_5 = 16^2 \times 0,8914 = 228,198 \text{ watt}$$

$$P_6 = 16^2 \times 0,9602 = 245,811 \text{ watt}$$

$$P_7 = 64^2 \times 0,8343 = 3417,292 \text{ watt}$$

$$P_8 = 16^2 \times 0,6878 = 176,07 \text{ watt}$$

$$P_9 = 25,2^2 \times 0,8143 = 517,113 \text{ watt}$$

Tabel 3.13 Nilai Rugi Daya di Sisi PT. PLN (Persero) UP3 Bandung

NO	GARDU		ARUS (ampere)	RESISTANSI (Ω)	RUGI DAYA (watt)
	AWAL	AKHIR			
1	E	NGM	10	0,7261	72,62
2	E	PDU	16	0,7503	192,072
3	E	CSR	16	0,7691	196,889
4	E	DNX	16	0,7806	199,833
5	E	GNX	16	0,8914	228,198
6	E	OMC	16	0,9642	245,811
7	E	FDSA	64	0,8343	3.417,292
8	E	RD	16	0,6878	176,07
9	E	RTB	25,2	0,8143	517,113
Total Rugi Daya					5.245,898

3. Menghitung Rugi Biaya

Rugi biaya yang dimaksud merupakan biaya yang hilang akibat jatuh tegangan. Rugi biaya ini dialami oleh PT. PLN UP3 Bandung sebagai pemilik jaringan distribusi 20 kV Penyulang CPK. Nilai rugi biaya didapat dengan cara

mengalikan nilai rugi daya (P dalam kilo watt) dengan waktu (t dalam jam) dan dikali tarif listrik. Berdasarkan tabel 3.5, gardu listrik pada penyulang CPK termasuk pada golongan I₃ (Industri 3) dengan tarif listrik Rp1.035,78 /kWh. Rata-rata waktu operasi pabrik (konsumen gardu distribusi) selama 12 jam/hari.

$$K = \frac{1}{4} \times 12 \text{ jam} = 3 \text{ jam}$$

Dengan : K = faktor kali

Faktor kali sebesar 3 jam tersebut dilakukan berdasarkan pertimbangan asumsi beban puncak dan jam lembur pabrik, sehingga perhitungan jatuh tegangan dikali 15 jam/hari. Perhitungan rugi biaya akibat jatuh tegangan pada Penyulang CPK yaitu sebagai berikut.

Biaya = Rugi Daya (P) x Tarif Listrik (Rp) x Waktu

$$B_1 = P_1 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_1 = 0,0726 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_1 = \text{Rp}1.127,96$$

$$B_2 = P_2 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_2 = 0,192 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_2 = \text{Rp}2.983,04$$

$$B_3 = P_3 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_3 = 0,196 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_3 = \text{Rp}3.045,19$$

$$B_4 = P_4 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_4 = 0,199 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_4 = \text{Rp}3.091,80$$

$$B_5 = P_5 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_5 = 0,228 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_5 = \text{Rp}3.542,36$$

$$B_6 = P_6 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_6 = 0,245 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_6 = \text{Rp}3.806,49$$

$$B_7 = P_7 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_7 = 3,417 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_7 = \text{Rp}53.088,90$$

$$B_8 = P_8 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_8 = 0,176 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_8 = \text{Rp}2.734,45$$

$$B_9 = P_9 \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_9 = 0,517 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_9 = \text{Rp}8.032,47$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, untuk perhitungan rugi biaya per bulan dan per tahun masih menggunakan cara yang sama, yaitu dengan mengganti variabel waktunya. Biaya per bulan adalah biaya harian dikali 30 hari dan untuk biaya per tahun yaitu biaya per bulan dikali 12 bulan. Perhitungan ini dilakukan jika rata-rata waktu operasi pabrik (konsumen gardu distribusi) selama 15 jam/hari sehingga didapatkan tabel rekapitulasi rugi biaya sebagai berikut.

Tabel 3.14 Rekapitulasi Rugi Biaya di Sisi PT. PLN (Persero) UP3 Bandung

NO	BEBAN TRAFO (kVA)	PANJANG KABEL (m)	BIAYA /15 jam (Rp)	BIAYA /BULAN (Rp)	BIAYA /TAHUN (Rp)
1	200	3.854	1.127,96	33.838,80	406.065,60
2	320	3.982	2.983,04	89.491,20	1.073.894,40

3	320	4.082	3.045,19	91.355,70	1.096.268,40
4	320	4.143	3.091,80	92.754,00	1.113.048,00
5	320	4.743	3.542,36	106.270,80	1.275.249,60
6	320	5.118	3.806,49	114.194,70	1.370.336,40
7	1280	7.085	53.088,90	1.592.667,00	19.112.004,00
8	320	7.301	2.734,45	82.033,50	984.402,00
9	504	8.644	8.032,47	240.974,10	2.891.689,20
Total Rugi Biaya			81.452,66	2.443.579,80	29.322.957,60

1.4.7.2 Pada Sisi Konsumen

1. Menghitung Rugi Daya

Rugi daya yang dimaksud merupakan daya yang hilang akibat jatuh tegangan yang terukur pada kWh konsumen dengan tegangan rendah. Rugi daya ini dialami oleh konsumen PT. PLN UP3 Bandung pada Penyulang CPK. Nilai rugi daya didapat berdasarkan kapasitas trafo 80% (SPLN D3.0002 -1, 2008).

Diketahui : $\%V_d = 2,687\%$

$$V_{L-N} = 220 \text{ volt}$$

$$\text{Perhitungan :} \quad V_r = V_{L-N} - V_d$$

$$V_d = V_{L-N} \times \%V_d \quad V_r = 220 - 5,9114$$

$$V_d = 220 \times 2,687\% \quad V_r = 214,09 \text{ volt}$$

$$V_d = 5,9114 \text{ volt} \quad P_{\text{Losses}} = P_{\text{Real}} - P_{\text{Drop}}$$

Tabel 3.15 Nilai Rugi Daya pada Konsumen Penyulang CPK

NO	GARDU	ARUS (ampere)	P _{REAL} (watt)	P _{DROP} (watt)	P _{LOSSES} (watt)
1	NGM	10	2200	2140,9	59,91
2	PDU	16	3520	3425,44	94,95
3	CSR	16	3520	3425,44	94,95
4	DNX	16	3520	3425,44	94,95

5	GNX	16	3520	3425,44	94,95
6	OMC	16	3520	3425,44	94,95
7	FDSA	64	14080	13701,76	378,24
8	RD	16	3520	3425,44	94,95
9	RTB	25,2	5544	5395,07	148,93
Total Rugi Daya			42944	63028,1	1156,78

2. Menghitung Rugi Biaya

Rugi biaya yang dimaksud merupakan biaya yang hilang akibat jatuh tegangan yang terukur pada kWh konsumen dengan tegangan rendah. Rugi biaya ini dialami oleh konsumen PT. PLN UP3 Bandung pada Penyulang CPK. Perhitungan nilai rugi biaya dihitung dengan cara yang sama seperti perhitungan rugi biaya pada sisi PLN yaitu sebagai berikut.

Biaya = Rugi Daya (P) x Tarif Listrik (Rp) x Waktu

$$B_1 = P_{Losses1} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_1 = 0,05991 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_1 = \text{Rp}930,80$$

$$B_2 = P_{Losses2} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_2 = 0,09495 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_2 = \text{Rp}1469,15$$

$$B_3 = P_{Losses3} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_3 = 0,09495 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_3 = \text{Rp}1469,15$$

$$B_4 = P_{Losses4} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_4 = 0,09495 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_4 = \text{Rp}1469,15$$

$$B_5 = P_{Losses5} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_5 = 0,09495 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_5 = \text{Rp}1469,15$$

$$B_6 = P_{Losses6} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_6 = 0,09495 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_6 = \text{Rp}1469,15$$

$$B_7 = P_{Losses7} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_7 = 0,37824 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_7 = \text{Rp}5876,60$$

$$B_8 = P_{Losses8} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_8 = 0,09495 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_8 = \text{Rp}1469,15$$

$$B_9 = P_{Losses9} \times \text{Tarif Listrik } I_3 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_9 = 0,14893 \text{ kW} \times \text{Rp}1.035,78 \times 15 \text{ jam}$$

$$B_9 = \text{Rp}2313,88$$

Tabel 3.16 Rekapitulasi Rugi Biaya pada Konsumen Penyulang CPK

BEBAN TRAF0 (kVA)	BIAYA /15 jam (Rp)	BIAYA /BULAN (Rp)	BIAYA /TAHUN (Rp)
200	930,80	27.924,00	335.088,00
320	1.469,15	44.074,50	528.894,00
320	1.469,15	44.074,50	528894,00
320	1.469,15	44.074,50	528.894,00
320	1.469,15	44.074,50	528.894,00
320	1.469,15	44.074,50	528.894,00
1280	5.876,6	176.298,00	2.115.576,00
320	1.469,15	44.074,50	528.894,00
504	2.313,88	69.416,40	832.997,00
Total Rugi Biaya	17.936,20	538.085	6.457.025,00