

4. ANALISA DATA

4.1. Perhitungan Keandalan Konfigurasi Jaringan Untuk Lama (d) dan Kali (f) Gangguan Penyulang Kebomas

Standar yang dipakai dalam menentukan lama (d) dan kali (f) gangguan untuk Penyulang yaitu sesuai dengan SPLN 68 – 2 : 1986.

1. SUTM Radial : f = 3,2 kali/tahun
d = 21 jam/tahun
2. SUTM Open Loop : f = 2,4 kali/tahun
d = 12,8 jam/tahun
3. SKTM tanpa PPJD : f = 1,2 kali/tahun
(Pusat Pengaturan Jaringan Distribusi) d = 4,36 jam/tahun

Faktor penyesuaian untuk Jawa dan Bali , diperoleh bahwa untuk :

- 1 SUTM Radial : SAIFI (f) = $3,2 * 1,1 = 3,52$ kali/tahun
SAIDI (d) = $21 * 1,1 = 23,1$ jam/tahun
Panjang standar = 32 km
- 2 SUTM Open Loop : SAIFI (f) = $2,4 * 1,1 = 2,64$ kali/tahun
SAIDI (d) = $12,8 * 1,1 = 14,08$ jam/tahun
Panjang standart = 16 km
- 3 SKTM tanpa PPJD : SAIFI (f) = $1,2 * 1,1 = 1.32$ kali/tahun
(Pusat Pengaturan Jaringan Distribusi) SAIDI (d) = $4,36 * 1,1 = 4,796$ jam/tahun
Panjang standart = 8 km

Perhitungan konfigurasi jaringan untuk lama (d) dan kali (f) gangguan di Penyulang (SPLN 68 – 2 : 1986), yaitu :

SUTM Radial

$$f = \frac{\text{km kenyataan}}{\text{km standart}} \times \frac{? \text{ kenyataan}}{? \text{ standart}} \times (f) \text{ standart}$$

$$d = \frac{\text{km kenyataan}}{\text{km standart}} \times \frac{? \text{ kenyataan}}{? \text{ standart}} \times (d) \text{ standart}$$

dimana :

? standart = ratio gangguan / perbandingan yang dihitung per-tahun berdasarkan data-data gangguan yang pernah terjadi dalam selang waktu 3 – 5 tahun di sistem Penyulang. (? standart = 1.2)

? kenyataan = ratio gangguan / perbandingan yang dihitung per-tahun berdasarkan data-data gangguan 1 – 2 tahun yang terjadi di sistem Penyulang. (? kenyataan = 1.4)

Tabel 4.1 Perbandingan Standard umum dengan standard Faktor penyesuaian (1.1)
SAIDI dan SAIFI

SPLN 68-2:1986			
Standard Umum		Standard penyesuaian (x1,1)	
SAIDI (d) jam/tahun	SAIFI (f) kali/tahun	SAIDI (d) jam/tahun	SAIFI (f) kali/tahun
21	3.2	23.1	3.52

Perhitungan f & d Sistem Radial koneksi menurut standard umum pada Penyulang Kebomas UPJ Gresik

$$f = \frac{\text{km kenyataan}}{\text{km standart}} \times \frac{? \text{ kenyataan}}{? \text{ standart}} \times (f) \text{ standart}$$

$$= \frac{18.69}{32} \times \frac{1.4}{1.2} \times 3.2 = \mathbf{2.1805 \text{ kali/tahun}}$$

$$d = \frac{18.69}{32} \times \frac{1.4}{1.2} \times 21 = \mathbf{14.30953 \text{ jam/tahun}}$$

Perhitungan f & d Sistem Radial koneksi menurut penyesuaian faktor kali pada
Penyulang Kebomas UPJ Gresik

$$f = \frac{\text{km kenyataan}}{\text{km standart}} \times \frac{\text{? kenyataan}}{\text{? standart}} \times (f) \text{ standart penyesuaian}$$

$$= \frac{18.69}{32} \times \frac{1.4}{1.2} \times 3.52 = \mathbf{2.39855 \text{ kali/tahun}}$$

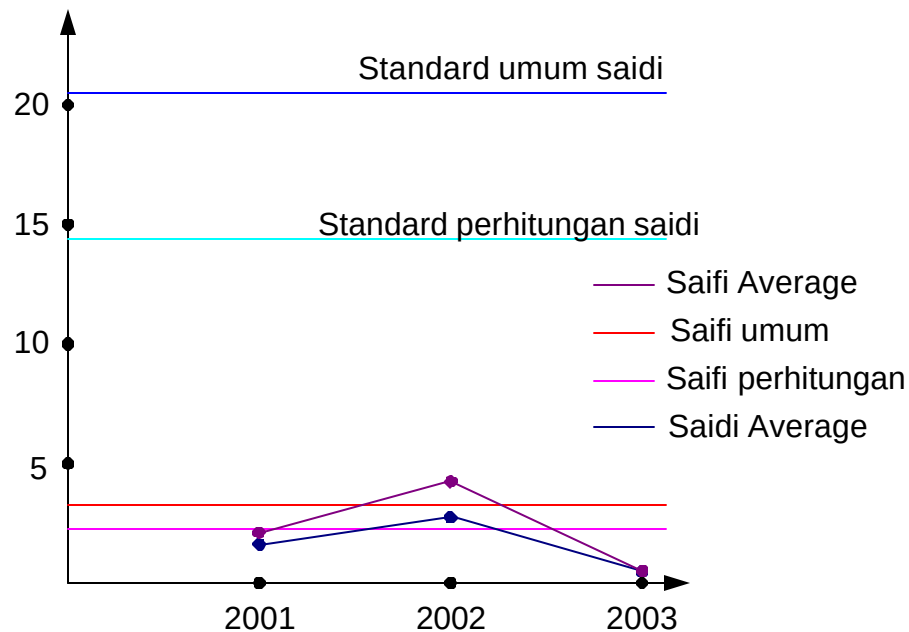
$$d = \frac{18.69}{32} \times \frac{1.4}{1.2} \times 23.1 = \mathbf{15.74048 \text{ jam/tahun}}$$

Tabel 4.2 Hasil Perbandingan Standard umum dan standard Faktor penyesuaian
SAIDI dan SAIFI dengan Hasil perhitungan SAIDI dan SAIFI pada
Penyulang Kebomas

SPLN 68-2:1986												
Nama Penyulang	Perhitungan umum		Standard Umum		Perbandingan Perhitungan umum dengan Standard umum		Perhitungan penyesuaian		Standard penyesuaian (x1,1)		Perbandingan Perhitungan penyesuaian dengan Standard penyesuaian	
	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)
Kebomas	14.31	2.181	21	3.2	31.86%	31.86%	15.74	2.399	23.1	3.52	31.86%	31.86%

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Standard umum dan perhitungan umum SAIDI &
SAIFI dengan Average SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kebomas tahun
2001,2002, dan 2003

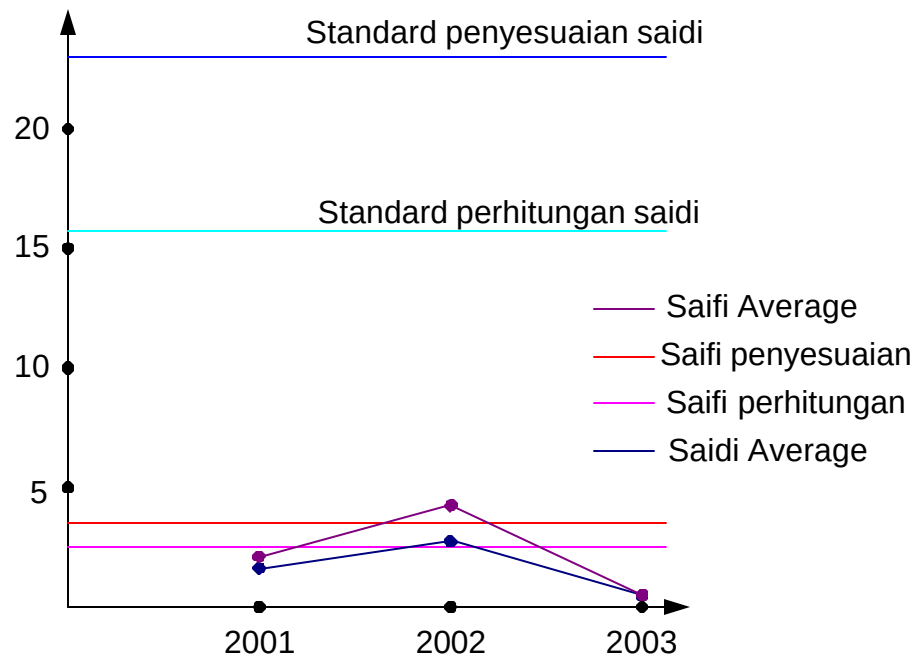
Tahun	Nama Penyulang	Perhitungan umum		Standard Umum		AVERAGE (Dari Tabel 3.18,3.19 dan 3.20)		Perbandingan Average terhadap Perhitungan umum		Perbandingan Average terhadap Perhitungan umum	
		SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)
2001	Kebomas	14.31	2.18	21	3.2	1.46	2.212	89.80%	-1.44%	93.05%	30.88%
2002						2.857	4.185	80.03%	-91.92%	86.39%	-30.78%
2003						0.099	0.509	99.31%	76.65%	99.53%	84.09%



Gambar 4.1 Hasil Perbandingan Standard umum dan perhitungan umum SAIDI & SAIFI dengan Average SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kebomas tahun 2001,2002, dan 2003

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Standard Penyesuaian dan perhitungan penyesuaian SAIDI & SAIFI dengan Average SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kebomas tahun 2001,2002, dan 2003

Tahun	Nama Penyulang	Perhitungan penyesuaian		Standard penyesuaian (x1,1)		AVERAGE (Dari Tabel 3.18,3.19 dan 3.20)		Perbandingan Average terhadap hitungan penyesuaian		Perbandingan Average terhadap Perhitungan umum	
		SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)	SAIDI (d)	SAIFI (f)
2001	Kebomas	15.74	2.4	23.1	3.52	1.46	2.212	90.73%	7.79%	93.68%	37.16%
2002						2.857	4.185	81.85%	-74.47%	87.63%	-18.89%
2003						0.099	0.509	99.37%	78.78%	99.57%	85.54%

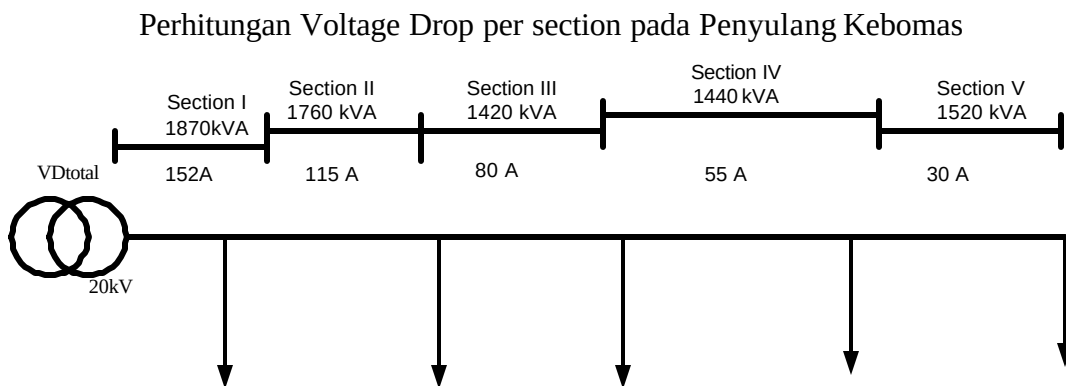


Gambar 4.2 Diagram Hasil Perbandingan Standard Penyesuaian dan perhitungan penyesuaian SAIDI & SAIFI dengan Average SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kebomas tahun 2001,2002, dan 2003

Dapat dilihat bahwa dalam perhitungan SAIDI dan SAIFI pada Penyulang Kebomas yakni sebesar 15.74 (SAIDI) dan 2.4 (SAIFI) serta dari panjang jaringan 18.69 kms, sebenarnya sudah memenuhi standard SAIDI dan SAIFI yang ditetapkan.

4.2 Analisa Voltage Drop pada Penyulang Kebomas

4.2.1 Analisa Voltage Drop per section



Gambar 4.3 Section pada Penyulang Kebomas

$\cos f = 0.85$; Maka $\sin f = 0.53$

Tabel 4.5 Impendansi Penghantar JTM

Jenis Konduktor	Impendansi		
	R (O/kms)	X(mho/kms)	Z
AAAC 110 mm ²	0.2851	0.0957	$0.2851 + j0.0957$
AAAC 150 mm ²	0,228	0,1028	$0,228 + j0,1028$
AAAC-OC 150 mm ²	0,228	0,1028	$0,228 + j0,1028$
XLPE 150 mm ²	0,228	0,1028	$0,228 + j0,1028$

Panjang Jaringan = 18.69 kms, dengan penghantar sebagai berikut:

1. AAAC 110 mm² = 3.328 kms
2. AAAC-OC 150 mm² = 3.8 kms
3. AAAC 150 mm² = 9.679 kms
4. XLPE = 1.883 kms

Arus untuk Penyulang Kebomas dengan tegangan 20 kV, 20.5 kV, 21kV pada kondisi beban puncak (WBP) adalah masing-masing sebesar 152, 148 dan 144 A, sedangkan untuk arus beban tidak puncak (LWBP) adalah sebesar 85, 83, 81 A (sumber dari PLN)

Rumus untuk mencari Voltage Drop adalah sebagai berikut:

$$VD = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

Dimana

VD	= Voltage Drop	(Volt)
I	= Arus	(Ampere/A)
l	= Panjang Jaringan	(kms)
Z	= Impendansi	
	= R + jX	
f	= Power Faktor	

Tabel 4.6 Pembagian section pada Penyulang Kebomas

Section	Nomor Gardu		Daya kontrak /Trafo (Kva)	Panjang jaringan		Keterangan
				A3C 110	A3C/OC 150 mm2/XLPE	
Section I	T	178	3 x 50	1.1094	XLPE 1.883 kms A3C 1.0394 kms Total 2.9224	Pelanggan Umum
	T	49	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	228	3 x 25			Pelanggan Umum
	T	141	3 x 25			Pelanggan Umum
	T	160	3 x 50			Pelanggan Umum
	T	34	3 x 50			Pelanggan Umum
	Grd	461	1110			Pelanggan TM
Section II	T	179	3 x 50	1.1093	A3C 150 mm2 3.5448 kms Total 3.5448	Pelanggan Umum
	T	94	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	102	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	527	3 x 25			Pelanggan Umum
	T	213	3 x 50			Pelanggan Umum
	T	214	3 x 50			Pelanggan Umum
	T	215	3 x 50			Pelanggan Umum
	T	290	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	5	1 x 50			Pelanggan Umum
	Grd	462	555			Pelanggan TM
Section III	T	71	1 x 25	1.1093	A3C 150 mm2 3.0724 Total 3.0724	Pelanggan Umum
	T	388	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	422	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	450	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	485	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	561	1 x 200			Pelanggan Umum
	Grd	463	555			Pelanggan TM
Section IV	T	335	1 x 160	0	A3C OC 2.80 Total 2.80	Pelanggan Umum
	T	336	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	337	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	405	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	423	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	359	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	389	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	471	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	522	1 x 160			Pelanggan Umum
Section V	T	567	1 x 160	0	A3C 2.0224 A3C OC 150 mm2 1 kms Total 3.0224	Pelanggan Umum
	T	502	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	556	1 x 200			Pelanggan Umum
	T	523	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	557	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	547	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	566	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	570	1 x 160			Pelanggan Umum
	T	577	1 x 200			Pelanggan Umum

Tabel 4.7 Pembagian Arus per Section pada Penyulang Kebomas

Tegangan	Section	Arus pada Kondisi	
		WBP	LWBP
20	I	152	85
	II	115	65
	III	80	50
	IV	55	35
	V	30	16
20.5	I	148	83
	II	112	63
	III	77	45
	IV	53	30
	V	29	15
21	I	144	81
	II	109	61
	III	75	43
	IV	52	29
	V	27	15

Sumber dari PLN

Dari tabel 4.5 dan 4.6 di dapat data-data sebagai berikut:

$\cos f = 0.85$; Maka $\sin f = 0.53$

Panjang Jaringan = 18.69 kms, dengan penghantar sebagai berikut:

1. AAAC 110 mm² = 3.328 kms
2. AAAC-OC 150 mm² = 3.8 kms
3. AAAC 150 mm² = 9.679 kms
4. XLPE = 1.883 kms

4.2.1.1 Pada kondisi WBP

a. untuk Tegangan = 20 kV, dengan Arus total = 152 A

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 152 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 292.074 \times (0.242335 + 0.050721)$$

$$VD_1 = 85.594 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

XLPE = 1.883 kms dan A3C = 1.0394 kms dengan Resistansi sama, maka

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 152 \text{ A} \times (1.883 + 1.0394) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 769.385 \times (0.248248)$$

$$VD_2 = 190.998 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{total I}} = VD_1 + VD_2$$

$$= (85.594 + 190.998)$$

$$VD_{\text{total I}} = 276.592 \text{ V}$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 115 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 115 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 220.977 \times (0.242335 + 0.050721)$$

$$VD_1 = 64.759 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar A3C 150 mm²-) tegangan 20 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 115 \text{ A} \times 3.5448 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 706.074 \times (0.248248)$$

$$VD_3 = 175.281 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{total II}} = VD_1 + VD_2$$

$$= (64.759 + 175.281)$$

$$VD_{\text{total II}} = 240.040 \text{ V}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 80 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 80 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 153.723 \times (0.242335 + 0.050721)$$

$$VD_1 = 45.049 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar A3C 150 mm²) tegangan 20 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 80 \text{ A} \times 3.0724 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 425.724 \times (0.248248)$$

$$VD_3 = 105.685 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total III}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (45.049 + 105.685) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total III}} = 150.734 \text{ V}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 55 A

- Voltage Drop (pada penghantar A3C-OC 150 mm²) tegangan 20 kV

$$VD \text{ IV} = \sqrt{3} \times 55 \text{ A} \times 2.80 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD \text{ IV} = 266.736 \times (0.248248)$$

$$VD \text{ IV} = 66.217 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD \text{ IV} = 66.217 \text{ V}$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 30 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

A3C = 2.0224 kms dan A3C-OC = 1 kms, dengan tahanan yang sama, maka:

$$VD \text{ V} = \sqrt{3} \times 30 \text{ A} \times (2.0224 + 1) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD \text{ V} = 38.987 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD V = 38.987 V$$

Voltage Drop Total untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD \text{ total} = VD I + VD II + VD III + VD IV + VD V$$

$$VD \text{ total} = 276.592 + 240.040 + 150.734 + 67.399 + 38.987 V$$

$$VD \text{ total} = 772.630 V$$

b. Untuk Tegangan = 20.5 kV, dengan Arus total = 148 A

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20.5 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 148 A \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 83.341 V$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

XLPE = 1.883 kms dan A3C = 1.0394 kms dengan Resistansi sama, maka

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 148 A \times (1.883 + 1.0394) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 185.972 V$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{total I}} = VD_1 + VD_2$$

$$= (83.341 + 185.972)$$

$$VD_{\text{total I}} = 269.313 V$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 112 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20.5 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 112 A \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 63.069 V$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 112 \text{ A} \times 3.5448 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_3 = 170.709 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total II}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (63.069 + 170.709) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total II}} = 233.778 \text{ V}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 77 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20.5 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 77 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 43.360 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 77 \text{ A} \times 3.0724 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_3 = 101.722 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total III}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (43.360 + 101.722) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total III}} = 145.082 \text{ V}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 53 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

$$VD = \sqrt{3} \times 53 \text{ A} \times 2.800 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD = 63.809 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$VD\ IV = 63.809\ V$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 29 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

A3C = 2.0224 kms dan A3C-OC = 1 kms, dengan tahanan yang sama, maka:

$$VD = \sqrt{3} \times 29A \times (2.0224+1) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD\ V = 37.687\ V$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$VD\ V = 37.687\ V$$

Voltage Drop Total (20,5 kV) untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD\ total = VD\ I + VD\ II + VD\ III + VD\ IV + VD\ V$$

$$VD\ total = 269.313 + 233.778 + 145.082 + 63.809 + 37.687\ V$$

$$VD\ total = 749.669\ V$$

c. untuk Tegangan = 21 kV, dengan Arus total = 144 A

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 21 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 144\ A \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 81.089\ V$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

XLPE = 1.883 kms dan A3C = 1.0394 kms dengan Resistansi sama, maka

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 144\ A \times (1.833+1.0394) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 180.946\ V$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 VD_{\text{total I}} &= VD_1 + VD_2 \\
 &= (81.089 + 180.946) \\
 VD_{\text{total I}} &= 262.035 \text{ V}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 109 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 21 kV

$$\begin{aligned}
 VD_1 &= \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j) \\
 VD_1 &= \sqrt{3} \times 109 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53)) \\
 VD_1 &= 61.380 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

$$\begin{aligned}
 VD_2 &= \sqrt{3} \times 109 \text{ A} \times 3.5448 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\
 VD_2 &= 166.136 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 VD_{\text{total II}} &= VD_1 + VD_2 \\
 &= (61.380 + 166.136) \\
 VD_{\text{total II}} &= 227.516 \text{ V}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 75 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 21 kV

$$\begin{aligned}
 VD_1 &= \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j) \\
 VD_1 &= \sqrt{3} \times 75 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53)) \\
 VD_1 &= 42.234 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

$$\begin{aligned}
 VD_2 &= \sqrt{3} \times 75 \text{ A} \times 3.0724 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\
 VD_3 &= 99.080 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 VD_{\text{total III}} &= VD_1 + VD_2 \\
 &= (42.234 + 90.080) \\
 VD_{\text{total III}} &= 132.314 \text{ V}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 52 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

$$\begin{aligned}
 VD &= \sqrt{3} \times 52 \text{ A} \times 2.800 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\
 VD &= 62.600 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$VD \text{ IV} = 63.723 \text{ V}$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 27 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

A3C = 2.0224 kms dan A3C-OC = 1 kms, dengan tahanan yang sama, maka:

$$\begin{aligned}
 VD &= \sqrt{3} \times 27 \text{ A} \times (2.0224 + 1) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\
 VD \text{ V} &= 35.088 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD \text{ V} = 35.088 \text{ V}$$

Voltage Drop Total untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD \text{ total} = VD \text{ I} + VD \text{ II} + VD \text{ III} + VD \text{ IV} + VD \text{ V}$$

$$VD \text{ total} = 262.035 + 227.516 + 132.314 + 62.600 + 35.088 \text{ V}$$

$$VD \text{ total} = 719.553 \text{ V}$$

Tabel 4.8 Hasil perhitungan Voltage Drop pada kondisi WBP

Section	Tegangan	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor (mm2)	Panjang l (kms)	Total l (kms)	Impendansi		Voltage Drop per section (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
I	20 kV	152	A3C 110	1.1094	1.1094	0.2851	0.0957	85.594
		152	XLPE	1.8830	2.9224	0.228	0.1028	191.026
			A3C 150	1.0394				
II		115	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	64.753
		115	A3C 150	3.5448	3.5448	0.228	0.1028	175.307
III		80	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	45.045
		80	A3C 150	3.0724	3.0724	0.228	0.1028	105.701
IV		55	A3C OC 150	2.8000	2.8000	0.228	0.1028	66.226
V		30	A3C 150	2.0224	3.0224	0.228	0.1028	38.993
			A3C OC 150	1.0000				
I	20.5 kV	148	A3C 110	1.1094	1.1094	0.2851	0.0957	83.341
		148	XLPE	1.8830	2.9224	0.228	0.1028	185.999
			A3C 150	1.0394				
II		112	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	63.064
		112	A3C 150	3.5448	3.5448	0.228	0.1028	170.734
III		77	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	43.356
		77	A3C 150	3.0724	3.0724	0.228	0.1028	101.737
IV		53	A3C OC 150	2.8000	2.8500	0.228	0.1028	64.958
V		29	A3C 150	2.0224	3.0224	0.228	0.1028	37.693
			A3C OC 150	1.0000				
I	21 kV	144	A3C 110	1.1094	1.1094	0.2851	0.0957	81.089
		144	XLPE	1.8830	2.9224	0.228	0.1028	180.972
			A3C 150	1.0394				
II		109	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	61.374
		109	A3C 150	3.5448	3.5448	0.228	0.1028	166.160
III		75	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	42.230
		75	A3C 150	3.0724	3.0724	0.228	0.1028	99.094
IV		52	A3C OC 150	2.8000	2.8500	0.228	0.1028	63.732
V		27	A3C 150	2.0224	3.0224	0.228	0.1028	35.093
			A3C OC 150	1.0000				

Voltage Drop pada tegangan 20, 20.5, 21 kV masing-masing 0.772, 0.751, dan 0.730 kV. Kondisi saat beban puncak arus yang diproduksi tinggi, dan dengan adanya kenaikan tegangan maka arus dan voltage drop juga semakin turun.

4.2.1.2 Pada kondisi LWBP

a. untuk Tegangan = 20 kV, dengan Arus total = 85 A

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 85 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 47.865 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

XLPE = 1.883 kms dan A3C = 1.0394 kms dengan Resistansi sama, maka

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 85 \text{ A} \times (1.883 + 1.0394) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 106.808 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{total I}} = VD_1 + VD_2$$

$$= (47.865 + 106.808)$$

$$VD_{\text{total I}} = 154.673 \text{ V}$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 65 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 65 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 36.603 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 65 \text{ A} \times 3.5448 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_3 = 99.072 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{total II}} = VD_1 + VD_2$$

$$VD_{\text{total II}} = 136.305 \text{ V}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 47 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 47 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 26.467 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 47 \text{ A} \times 3.0724 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 62.090 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total III}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (26.467 + 62.090) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total III}} = 88.557 \text{ V}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 31 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

$$VD_{\text{IV}} = \sqrt{3} \times 31 \text{ A} \times 2.850 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_{\text{IV}} = 37.989 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{IV}} = 37.989 \text{ V}$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 16 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20 kV

A3C = 2.0224 kms dan A3C-OC = 1 kms, dengan tahanan yang sama, maka:

$$VD_V = \sqrt{3} \times 16 \text{ A} \times (2.0224 + 1) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_V = 20.793 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 20 kV adalah sebagai berikut:

$$VD V = 20.793 \text{ V}$$

Voltage Drop Total untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD \text{ total} = VD I + VD II + VD III + VD IV + VD V$$

$$VD \text{ total} = 154.673 + 136.305 + 88.557 + 37.989 + 20.793 \text{ V}$$

$$VD \text{ total} = 438.317 \text{ V}$$

b. untuk Tegangan = 20.5 kV, dengan Arus total = 83 A

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20.5 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 83 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 46.739 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

XLPE = 1.883 kms dan A3C = 1.0394 kms dengan Resistansi sama, maka

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 83 \text{ A} \times (1.883 + 1.0394) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 104.295 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$VD_{\text{total I}} = VD_1 + VD_2$$

$$= (46.739 + 104.295)$$

$$VD_{\text{total I}} = 151.034 \text{ V}$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 63 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20.5 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 63 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 35.476 \text{ V}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 63 \text{ A} \times 3.5448 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_3 = 96.024 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total II}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (35.476 + 96.024) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total II}} = 131.500 \text{ V}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 45 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 20.5 kV

$$\begin{aligned} VD_1 &= \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j) \\ VD_1 &= \sqrt{3} \times 45 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53)) \\ VD_1 &= 25.340 \text{ V} \end{aligned}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

$$\begin{aligned} VD_2 &= \sqrt{3} \times 45 \text{ A} \times 3.0724 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\ VD_3 &= 59.448 \text{ V} \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total III}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (25.340 + 59.448) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total III}} = 84.788 \text{ V}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 30 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

$$\begin{aligned} VD &= \sqrt{3} \times 30 \text{ A} \times 2.850 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\ VD &= 148.090 \times (0.248248) \\ VD &= 36.763 \text{ V} \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$VD\ IV = 36.763\ V$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 15 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 20.5 kV

A3C = 2.0224 kms dan A3C-OC = 1 kms, dengan tahanan yang sama, maka:

$$VD = \sqrt{3} \times 15A \times (2.0224+1) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD\ V = 19.493\ V$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 20.5 kV adalah sebagai berikut:

$$VD\ V = 19.493\ V$$

Voltage Drop Total (20,5 kV) untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD\ total = VD\ I + VD\ II + VD\ III + VD\ IV + VD\ V$$

$$VD\ total = 151.034 + 131.500 + 84.788 + 36.763 + 19.493\ V$$

$$VD\ total = 423.578\ V$$

c. untuk Tegangan = 21 kV, dengan Arus total = 81 A

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 21 kV

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 81\ A \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 140.296 \times (0.242335 + 0.050721)$$

$$VD_1 = 41.115\ V$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

XLPE = 1.883 kms dan A3C = 1.0394 kms dengan Resistansi sama, maka

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 81\ A \times (1.883+1.0394) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 410.001 \times (0.248248)$$

$$VD_2 = 101.782\ V$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total I}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (41.115 + 101.782) \\ VD_{\text{total I}} &= 142.897 \text{ V} \end{aligned}$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 61 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 21 kV

$$\begin{aligned} VD_1 &= \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j) \\ VD_1 &= \sqrt{3} \times 61 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53)) \\ VD_1 &= 117.214 \times (0.242335 + 0.050721) \\ VD_1 &= 34.350 \text{ V} \end{aligned}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

$$\begin{aligned} VD_2 &= \sqrt{3} \times 61 \text{ A} \times 3.5448 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53)) \\ VD_2 &= 374.526 \times (0.248248) \\ VD_3 &= 92.975 \text{ V} \end{aligned}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total II}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (34.350 + 92.975) \\ VD_{\text{total II}} &= 127.325 \text{ V} \end{aligned}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 43 A

- Voltage Drop I (pada penghantar 110 mm²) Tegangan 21 kV

$$\begin{aligned} VD_1 &= \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j) \\ VD_1 &= \sqrt{3} \times 43 \text{ A} \times 1.1094 \text{ kms} \times ((0.2851 \times 0.85) + (0.0957 \times 0.53)) \\ VD_1 &= 82.626 \times (0.242335 + 0.050721) \\ VD_1 &= 24.214 \text{ V} \end{aligned}$$

- Voltage Drop II (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 43A \times 3.0724 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 228.827 \times (0.248248)$$

$$VD_3 = 56.806 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} VD_{\text{total III}} &= VD_1 + VD_2 \\ &= (24.214 + 56.806) \end{aligned}$$

$$VD_{\text{total III}} = 81.020 \text{ V}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 29 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

$$VD = \sqrt{3} \times 29A \times 2.850 \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD = 143.154 \times (0.248248)$$

$$VD = 35.538 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$VD \text{ IV} = 35.538 \text{ V}$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 15 A

- Voltage Drop (pada penghantar 150 mm²) tegangan 21 kV

A3C = 2.0224 kms dan A3C-OC = 1 kms, dengan tahanan yang sama, maka:

$$VD = \sqrt{3} \times 15A \times (2.0224 + 1) \text{ kms} \times ((0.228 \times 0.85) + (0.1028 \times 0.53))$$

$$VD \text{ V} = 19.493 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTM Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 21 kV adalah sebagai berikut:

$$VD \text{ V} = 19.493 \text{ V}$$

Voltage Drop Total untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD \text{ total} = VD \text{ I} + VD \text{ II} + VD \text{ III} + VD \text{ IV} + VD \text{ V}$$

$$VD \text{ total} = 142.897 + 127.325 + 81.020 + 35.538 + 19.493 \text{ V}$$

$$VD \text{ total} = 406.273 \text{ V}$$

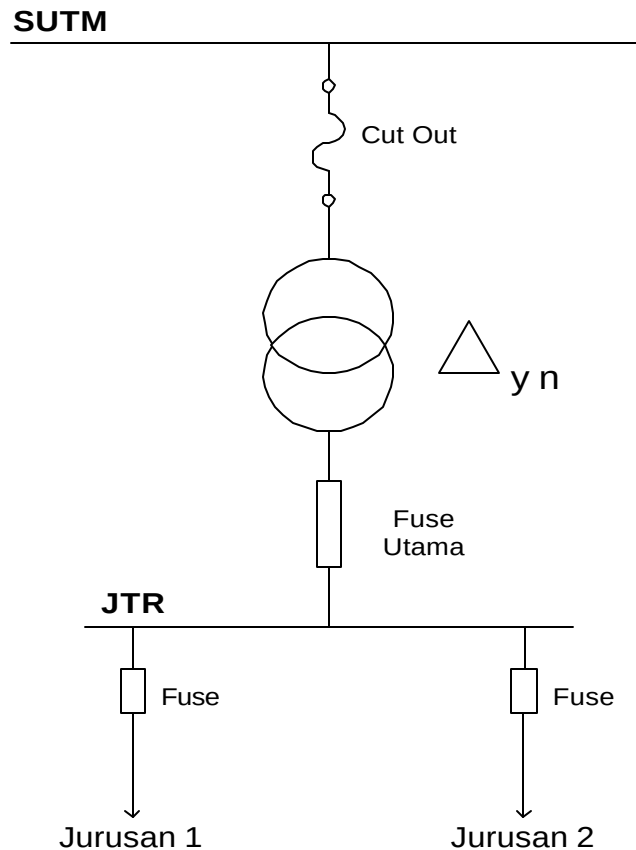
Tabel 4.9 Hasil perhitungan Voltage Drop pada kondisi LWBP

Section	Tegangan	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor (mm2)	Panjang l (kms)	Total l (kms)	Impendansi		Voltage Drop per section (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
I	20 kV	85	A3C 110	1.1094	1.1094	0.2851	0.0957	47.865
		85	XLPE	1.8830	2.9224	0.228	0.1028	106.824
			A3C 150	1.0394				
II		65	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	36.599
		65	A3C 150	3.5448	3.5448	0.228	0.1028	99.086
III		50	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	28.153
		50	A3C 150	3.0724	3.0724	0.228	0.1028	66.063
IV		35	A3C OC 150	2.8000	2.8000	0.228	0.1028	42.144
V		16	A3C 150	2.0224	3.0224	0.228	0.1028	20.796
			A3C OC 150	1.0000				
I	20.5 kV	83	A3C 110	1.1094	1.1094	0.2851	0.0957	46.739
		83	XLPE	1.8830	2.9224	0.228	0.1028	104.310
			A3C 150	1.0394				
II		63	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	35.473
		63	A3C 150	3.5448	3.5448	0.228	0.1028	96.038
III		45	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	25.338
		45	A3C 150	3.0724	3.0724	0.228	0.1028	59.457
IV		30	A3C OC 150	2.8000	2.8000	0.228	0.1028	36.123
V		15	A3C 150	2.0224	3.0224	0.228	0.1028	19.496
			A3C OC 150	1.0000				
I	21 kV	81	A3C 110	1.1094	1.1094	0.2851	0.0957	45.613
		81	XLPE	1.8830	2.9224	0.228	0.1028	101.797
			A3C 150	1.0394				
II		61	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	34.347
		61	A3C 150	3.5448	3.5448	0.228	0.1028	92.989
III		43	A3C 110	1.1093	1.1093	0.2851	0.0957	24.212
		43	A3C 150	3.0724	3.0724	0.228	0.1028	56.814
IV		29	A3C OC 150	2.8000	2.8000	0.228	0.1028	34.919
V		15	A3C 150	2.0224	3.0224	0.228	0.1028	19.496
			A3C OC 150	1.0000				

Kondisi beban normal voltage drop pada 20 (0.448), 20.5 (0.423), 21 kV (0.411) mengalami penurunan ketika tegangan awal dinaikkan.

4.2.2 Analisa Voltage Drop JTR pada Penyulang Kebomas

4.2.2.1 Analisa Trafo Distribusi dengan 2 Jurusan



Gambar 4.4 Distribusi Jaringan Tegangan Menengah dengan 2 Jurusan

Keterangan¹ :

Garis batas ketahanan pelebur bagi trafo distribusi ditentukan oleh titik-titik ketentuan sebagai berikut :

- $2 \times I_n$ selama 100 detik untuk beban lebih
- $3 \times I_n$ selama 10 detik untuk arus beban peralihan
- $6 \times I_n$ selama 1 detik untuk arus beban peralihan
- $12 \times I_n$ selama 0,1 detik untuk arus Inrush trafo
- $25 \times I_n$ selama 0,01 detik untuk arus Inrush trafo

¹ Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Tegangan Menengah, SPLN 64 : 1985

Untuk trafo yang sebagian besar bebannya berupa motor listrik maka garis batas tersebut diatas harus digeser sebagai berikut :

- $3 \times I_n$ selama 100 detik untuk beban lebih
- $6 \times I_n$ selama 10 detik untuk arus beban peralihan
- $10 \times I_n$ selama 1 detik untuk arus beban peralihan

I_n : arus pengenalan trafo

Pelebur primer tidak boleh bekerja selama beban lebih masih bekerja dan harus ditahan trafo. Beban atau arus lebih yang dimaksud adalah :

- Beban lebih (beban maksimum)
- Arus beban peralihan (*colt load pickup*)
- Arus hubungan singkat Jaringan Tegangan Rendah
- Arus masuk awal (*Inrush trafo*)
- Arus asutan motor

$$I_{n \text{ primer}} = \frac{KVA \times \cos \phi \times FD}{\sqrt{3} \times KV}$$

$$I_{n \text{ sekunder}} = \frac{VA}{\sqrt{3} \times V}$$

$$\cos \phi = 0.85$$

$$FD = 0,7$$

Tabel 4.10 Fuse Cut Out pada masing-masing trafo

Trafo (KVA)	I_n (A)	Beban Lebih (A)	Arus Beban Peralihan (A)		Arus Inrush Trafo (A)	
		100dt	10dt	1dt	0,1dt	0,01dt
1×200	3,4352	8	12	24	48	100
1×160	2,7482	6	9	18	36	75
1×100	1,7176	4	6	12	24	50
1×50	0,8588	2	3	6	12	25
3×25	1,2882	4	6	12	24	50
3×50	2,5764	6	9	18	36	75

Tabel 4.11 Fuse utama masing-masing trafo

Trafo (KVA)	I_n (A)	Beban Lebih (A)	Arus Beban Peralihan (A)		Arus Inrush Trafo (A)	
		100dt	10dt	1dt	0,1dt	0,01dt
1×200	317,5509	700	1050	2100	4200	8750
1×160	254,0407	600	900	1800	3600	7500
1×100	158,7754	400	600	1200	2400	5000
1×50	79,3877	160	240	480	960	2000
3×25	119,0816	300	450	900	1800	3750
3×50	238,1632	500	750	1500	3000	6250

Tabel 4.12 Fuse utama dan Fuse Cut Out pada masing-masing trafo

TRAFO (KVA)	CUT OUT (A)	NH FUSE UTAMA (A)	NH FUSE (A)
1×200	4	350	300
1×160	3	300	250
1×100	2	200	150
1×50	1	80	70
3×25	2	150	100
3×50	3	250	200

Tabel 4.13 Jenis Penghantar pada JTR Penyulang Kebomas

Jenis Konduktor	Panjang Konduktor (km_s)	Impendansi		
		R (Ω/kms)	X(mho/kms)	Z
BC 25 mm	7,97	1.3683	0.0431	$1.3683 + j0.0431$
Bundled Conductor 50/70 mm	62,158	0.4887	0.0754	$0,4887 + j0,0754$
ACSR 35/50 mm	2,92	0.6842	0.0665	$0,6842 + j0,0665$

Panjang Jaringan Tegangan Rendah (JTR) = 73,05 km_s

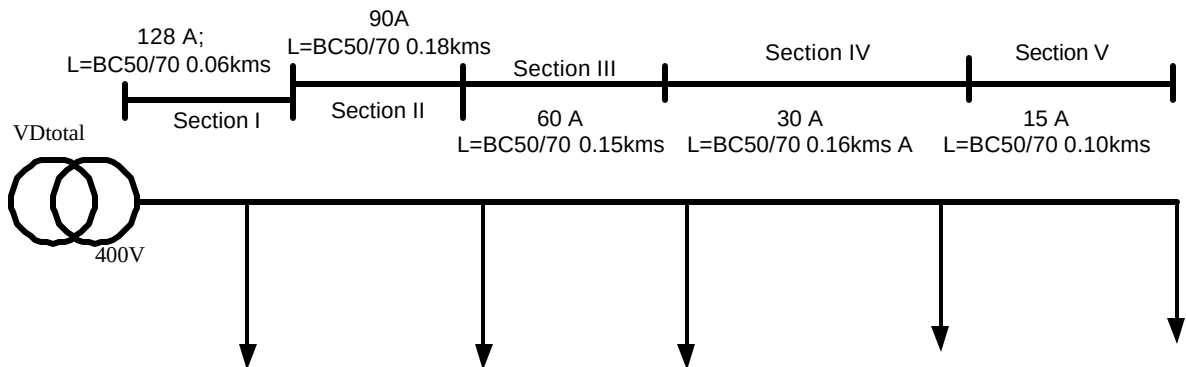
a. Untuk trafo 200 kVA(3F)

A. Beban terbagi rata dengan :

Saluran-1 = 50 %

Saluran-2 = 50 %

* Saluran-1 dengan arus 128A dan panjang 0.65 kms



Gambar 4.5 Saluran 1 pada Trafo 200 kVA (T566) Penyulang Kebomas

maka Voltage Dropnya dapat dihitung sebagai berikut:

1. Perhitungan pada section I

- Voltage Drop I (pada penghantar 70 mm²) Tegangan 400 V

$$VD_1 = \sqrt{3} \times I \times l \times (R \cos j \times X \sin j)$$

$$VD_1 = \sqrt{3} \times 128 \text{ A} \times 0.06 \text{ kms} \times ((0.4887 \times 0.85) + (0.0754 \times 0.53))$$

$$VD_1 = 13.302 \times (0.415395 + 0.039962)$$

$$VD_1 = 6.057 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTR Section I Penyulang Kebomas untuk tegangan 400V adalah sebagai berikut:

$$VD1 = 6.057 \text{ V}$$

2. Perhitungan pada section II, Arus yang mengalir sebesar 104 A

- Voltage Drop II (pada penghantar 70 mm²)

$$VD_2 = \sqrt{3} \times 90 \text{ A} \times 0.18 \text{ kms} \times ((0.4887 \times 0.85) + (0.0754 \times 0.53))$$

$$VD_2 = 11.357 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTR Section II Penyulang Kebomas untuk tegangan 400V adalah sebagai berikut:

$$VD_2 = 11.357 \text{ V}$$

3. Perhitungan pada section III dengan arus yang mengalir 60 A

- Voltage Drop III (pada penghantar 70 mm²)

$$VD_3 = \sqrt{3} \times 60 \text{ A} \times 0.150 \text{ kms} \times ((0.4887 \times 0.85) + (0.0754 \times 0.53))$$

$$VD_3 = 6.310 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTR Section III Penyulang Kebomas untuk tegangan 400V adalah sebagai berikut:

$$VD_3 = 6.310 \text{ V}$$

4. Perhitungan pada section IV, dengan arus sebesar 30 A

- Voltage Drop IV (pada penghantar 70 mm²)

$$VD_4 = \sqrt{3} \times 30 \text{ A} \times 0.160 \text{ kms} \times ((0.4887 \times 0.85) + (0.0754 \times 0.53))$$

$$VD_4 = 3.549 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTR Section IV Penyulang Kebomas untuk tegangan 400V adalah sebagai berikut:

$$VD_4 = 3.549 \text{ V}$$

5. Perhitungan pada section V, dengan arus yang mengalir sebesar 15 A

- Voltage Drop V (pada penghantar 70 mm²)

$$VD_5 = \sqrt{3} \times 15 \text{ A} \times 0.10 \text{ kms} \times ((0.4887 \times 0.85) + (0.0754 \times 0.53))$$

$$VD_5 = 1.183 \text{ V}$$

Maka Total Voltage Drop pada JTR Section V Penyulang Kebomas untuk tegangan 400V adalah sebagai berikut:

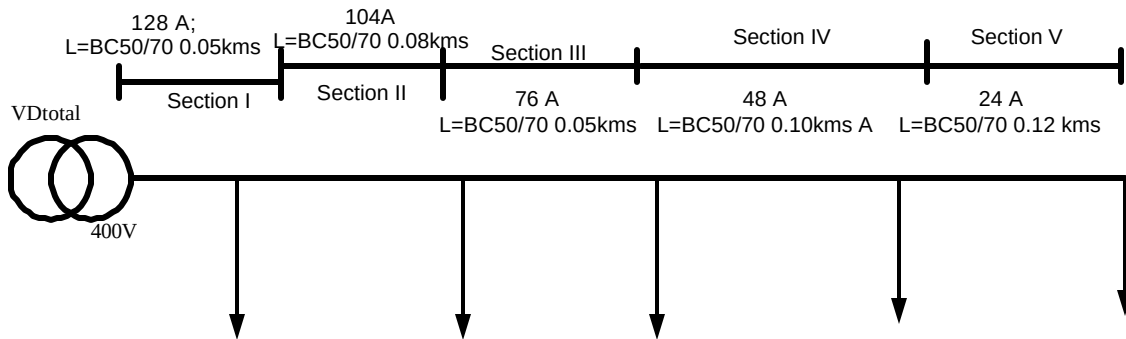
$$VD_5 = 1.183 \text{ V}$$

Voltage Drop Total untuk seluruh Penyulang Kebomas adalah

$$VD_{\text{total}} = VD \text{ I} + VD \text{ II} + VD \text{ III} + VD \text{ IV} + VD \text{ V}$$

$$VD_{\text{total}} = 28.080 \text{ V}$$

* Saluran-2 = 128 A dengan panjang = 0.4 kms



Gambar 4.6 Saluran 2 pada Sample Trafo 200 kVA (T566) Penyulang Kebomas

Tabel 4.14 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 200kVa 2 jurusan 50%-50%

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop per section (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
50%-50%	I	I	128	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	10.095
	II		90	BC 50/70	0.15	0.4887	0.0754	10.647
	III		60	BC 50/70	0.20	0.4887	0.0754	9.464
	IV		30	BC 50/70	0.25	0.4887	0.0754	5.915
	V		15	BC 50/70	0.25	0.4887	0.0754	2.958
	I	II	128	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	5.048
	II		108	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	8.518
	III		76	BC 50/70	0.20	0.4887	0.0754	11.988
	IV		48	BC 50/70	0.15	0.4887	0.0754	5.679
	V		24	BC 50/70	0.20	0.4887	0.0754	3.786

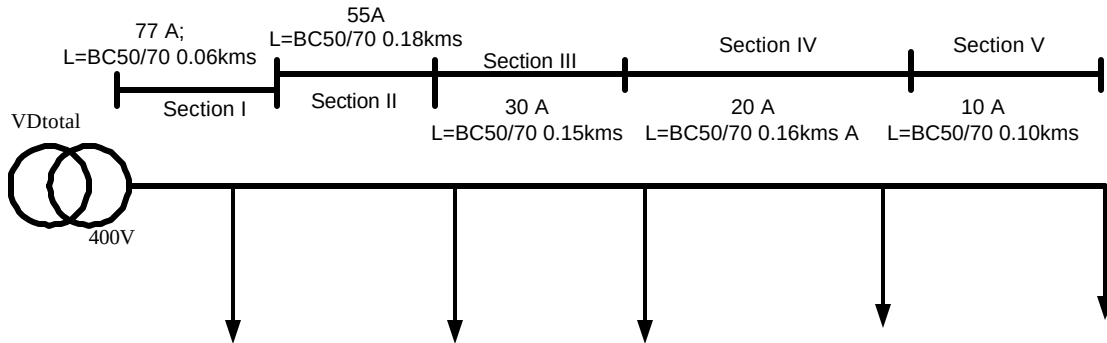
Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 42.653 V dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata melebihi standard Voltage Drop sebesar 10%.

B. Beban terbagi rata dengan :

Saluran-1 = 70 %

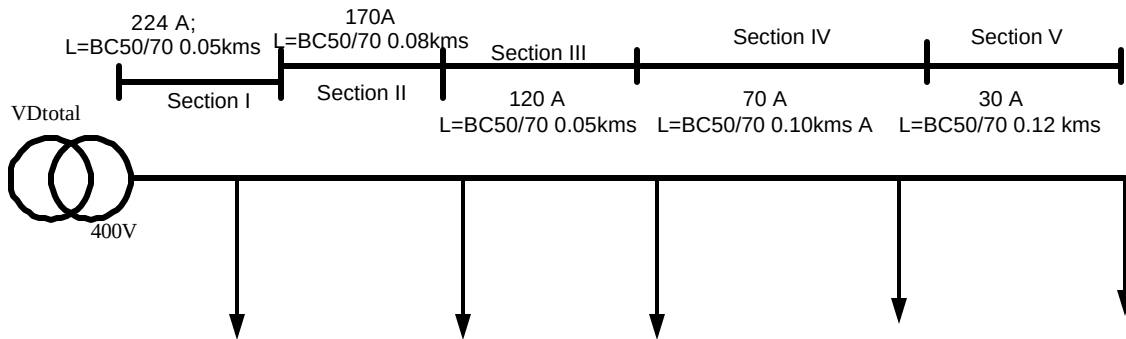
Saluran-2 = 30 %

* Saluran-1 dengan arus 77 A dan panjang 0.65 kms



Gambar 4.7 Saluran 1 pada Sample Trafo 200 kVA (T566) Penyulang Kebomas

* Saluran-2 = 224A dengan panjang = 0.4 kms



Gambar 4.8 Saluran 2 pada Sample Trafo 200 kVA (T566) Penyulang Kebomas

Tabel 4.15 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 200kVa 2 jurusan 70%-30%

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	L (kms)	Impendansi		Voltage Drop per section (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
70%-30%	I	I	77	BC 50/70	0.06	0.4887	0.0754	3.644
	II		55	BC 50/70	0.18	0.4887	0.0754	7.808
	III		30	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	3.786
	IV		20	BC 50/70	0.15	0.4887	0.0754	2.366
	V		10	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	0.789
	I	II	224	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	8.833
	II		170	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	10.726
	III		120	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	4.732
	IV		70	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	5.521
	V		30	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	2.839

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 51.045 V dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata melebihi standard Voltage Drop sebesar 10%.

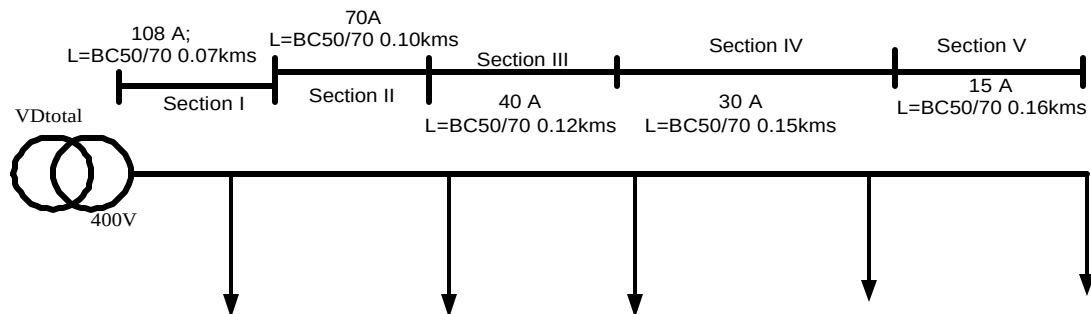
b. Untuk trafo 160 kVA (3F)

A. Beban terbagi rata dengan :

Saluran-1 = 50 %

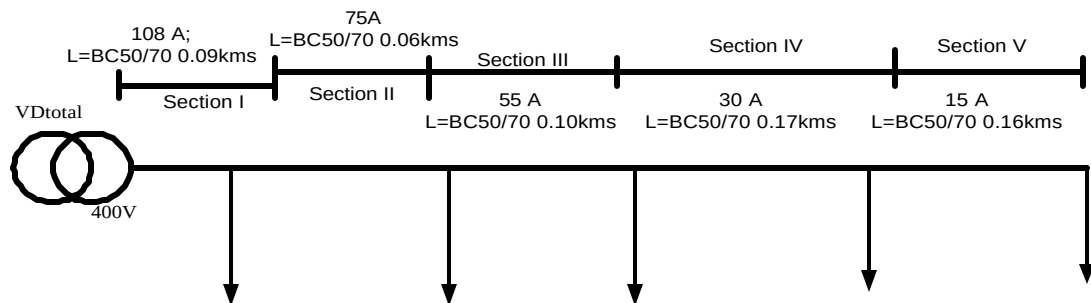
Saluran-2 = 50 %

* Saluran-1 dengan arus 108 dan panjang 0.6 kms



Gambar 4.9 Saluran 1 pada Sample Trafo 160 kVA (T450) Penyulang Kebomas

* Saluran-2 = 108A dengan panjang = 0.58 kms



Gambar 4.10 Saluran 2 pada Sample Trafo 160 kVA (T450) Penyulang Kebomas

maka Voltage Dropnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.16 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 160kVa 2 jurusan 50%-50%

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	L (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
50%-50%	I	I	108	BC 50/70	0.07	0.4887	0.0754	5.963
	II		70	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	5.521
	III		40	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	3.786
	IV		25	BC 50/70	0.15	0.4887	0.0754	2.958
	V		10	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	1.262
	I	II	108	BC 50/70	0.09	0.4887	0.0754	7.666
	II		75	BC 50/70	0.06	0.4887	0.0754	3.549
	III		55	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	4.338
	IV		30	BC 50/70	0.17	0.4887	0.0754	4.022
	V		15	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	1.893

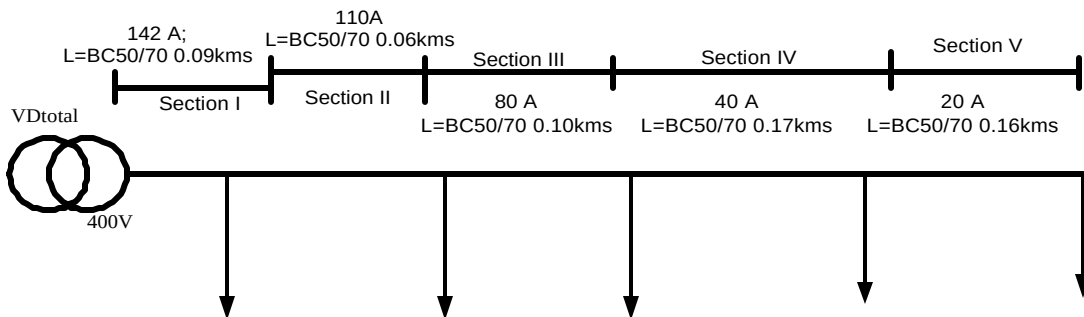
Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 40.957 V dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata melebihi standard Voltage Drop sebesar 10%.

B. Beban terbagi rata dengan :

Saluran-1 = 70 %

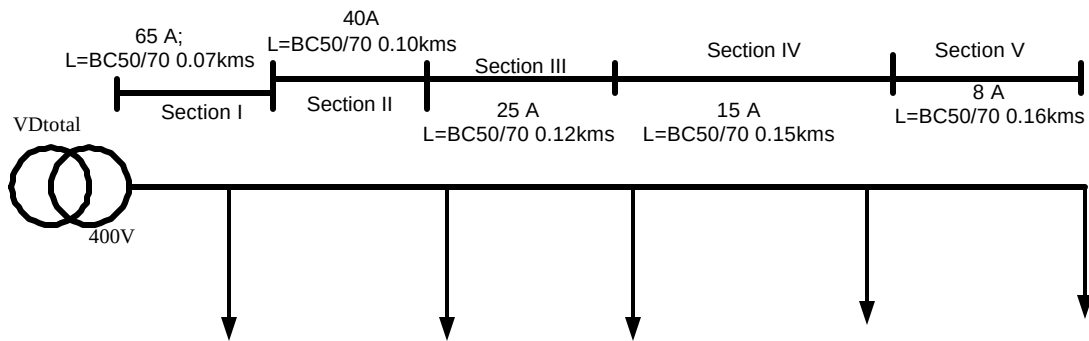
Saluran-2 = 30 %

* Saluran-1 dengan arus 142 A dan panjang 0.58 kms



Gambar 4.11 Saluran 1 pada Sample Trafo 160 kVA (T450) Penyulang Kebomas

* Saluran-2 = 77 A dengan panjang = 0.6 kms



Gambar 4.12 Saluran 2 pada Sample Trafo 160 kVA (T450) Penyulang Kebomas maka Voltage Dropnya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4.17 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 160kVa 2 jurusan 70%-30%

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
70%-30%	I	I	142	BC 50/70	0.09	0.4887	0.0754	10.080
	II		110	BC 50/70	0.06	0.4887	0.0754	5.205
	III		80	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	6.310
	IV		40	BC 50/70	0.17	0.4887	0.0754	5.363
	V		20	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	2.524
	I	II	65	BC 50/70	0.07	0.4887	0.0754	3.589
	II		40	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	3.155
	III		25	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	2.366
	IV		15	BC 50/70	0.15	0.4887	0.0754	1.775
	V		8	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	1.010

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 41.375 V dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata melebihi standard Voltage Drop sebesar 10%.

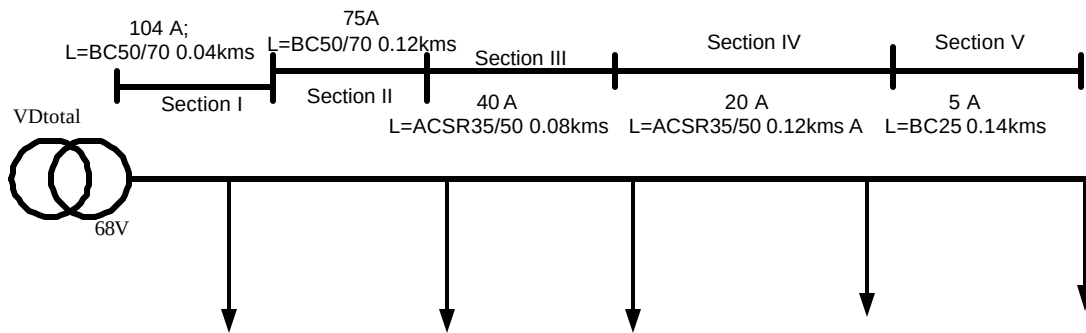
c. Untuk trafo 3 x 50 kVA

Beban terbagi rata:

Saluran 1 = 50 %

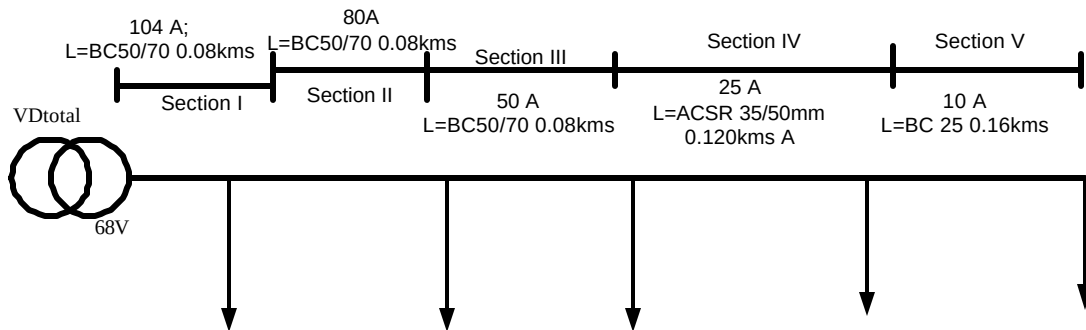
Saluran 2 = 50 %

* Saluran 1 dengan panjang 0.6 kms



Gambar 4.13 Saluran 1 pada Sample Trafo 3x50 kVA Penyulang Kebomas

* Saluran 2 dengan panjang 0.52 kms



Gambar 4.14 Saluran 2 pada Sample Trafo 3x50 kVA Penyulang Kebomas

maka Voltage drop dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 3x50kVa 2 jurusan

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop per section (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
50%-50%	I	I	104	BC 50/70	0.04	0.4887	0.0754	3.265
	II		75	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	7.098
	III		40	ACSR 35/50	0.08	0.6842	0.0665	3.419
	IV		20	ACSR 35/50	0.12	0.6842	0.0665	2.564
	V		5	BC 25	0.14	1.3683	0.0431	1.438
	I	II	104	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	6.562
	II		80	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	5.048
	III		50	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	3.155
	IV		25	ACSR 35/50	0.12	0.6842	0.0665	3.205
	V		10	BC 25	0.16	1.3683	0.0431	3.286

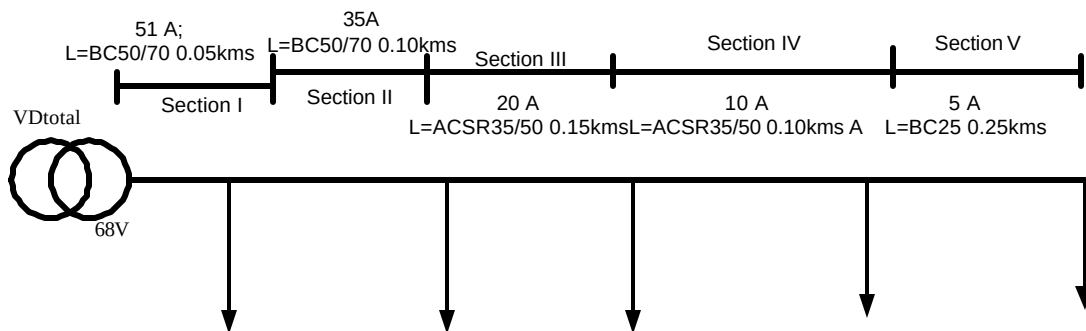
Tabel 4.18 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 3x50kVa 2 jurusan

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
70%-30%	I	I	66	BC 50/70	0.04	0.4887	0.0754	2.082
	II		40	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	3.786
	III		25	ACSR 35/50	0.08	0.6842	0.0665	2.137
	IV		10	ACSR 35/50	0.12	0.6842	0.0665	1.282
	V		5	BC 25	0.14	1.3683	0.0431	1.438
	I	II	142	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	8.960
	II		100	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	6.310
	III		70	BC 50/70	0.08	0.4887	0.0754	4.417
	IV		40	ACSR 35/50	0.12	0.6842	0.0665	5.128
	V		10	BC 25	0.16	1.3683	0.0431	3.286

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 39.040 V untuk 50%-50% dan 38.825 V untuk 30%-70% dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata memenuhi standard Voltage Drop sebesar 10%.

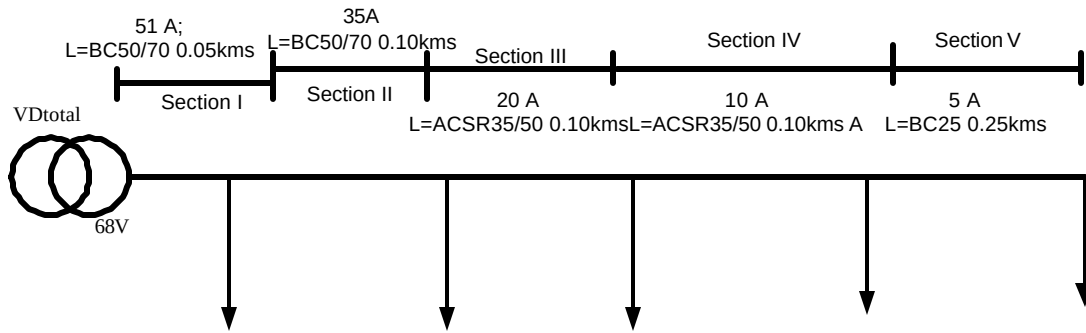
d. Untuk trafo 3 x 25 kVA

* Saluran 1



Gambar 4.15 Saluran 1 pada Sample Trafo 3x25 kVA Penyulang Kebomas

* Saluran 2



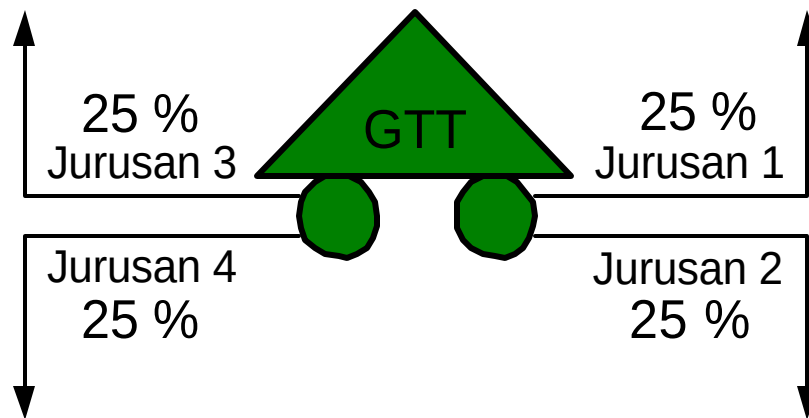
Gambar 4.16 Saluran 2 pada Sample Trafo 3x25 kVA Penyulang Kebomas

Tabel 4.19 Hasil perhitungan Voltage Drop pada trafo 3x25kVa 2 jurusan

Beban terbagi rata dengan	Section	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
						R (O/kms)	X(mho/kms)	
50%-50%	I	I	51	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	2.011
	II		35	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	2.760
	III		20	ACSR 35/70	0.15	0.6842	0.0665	3.205
	IV		10	ACSR 35/70	0.10	0.6842	0.0665	1.068
	V		5	BC 25	0.25	1.3683	0.0431	2.568
	I	II	51	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	2.011
	II		35	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	2.760
	III		20	ACSR 35/70	0.10	0.6842	0.0665	2.137
	IV		10	ACSR 35/70	0.10	0.6842	0.0665	1.068
	V		5	BC 25	0.25	1.3683	0.0431	2.568
70%-30%	I	I	71	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	2.800
	II		60	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	4.732
	III		40	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	3.155
	IV		20	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	1.577
	V		10	BC 50/70	0.25	0.4887	0.0754	1.972
	I	II	31	BC 50/70	0.05	0.4887	0.0754	1.222
	II		25	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	1.972
	III		15	BC 50/70	0.15	0.4887	0.0754	1.775
	IV		10	BC 50/70	0.10	0.4887	0.0754	0.789
	V		5	BC 50/70	0.25	0.4887	0.0754	0.986

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 22.157 V untuk 50%-50% dan 20.979 V untuk 30%-70% dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata memenuhi standard Voltage Drop sebesar 10%.

4.2.2.2 Pada 4 Jurusan



Gambar 4.17 Distribusi Jaringan Tegangan Menengah dengan 4 Jurusan

GTT = Garfu Trafo Tiang

Pembagian beban pada 4 jurusan dapat berupa:

A. Dengan beban terbagi rata

Saluran-1 = 25 %

Saluran-2 = 25 %

Saluran-3 = 25 %

Saluran-4 = 25 %

B. Dengan beban tidak terbagi rata

Saluran-1 = 10 %

Saluran-2 = 20 %

Saluran-3 = 30 %

Saluran-4 = 40 %

a. Untuk Trafo 200 kVA

Tabel 4.20 Pembagian beban terbagi rata dan tidak terbagi rata pada trafo 200 kVA

Beban terbagi rata dengan	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
					R (O/kms)	X(mho/kms)	
25%-25%-25%-25%	I	64	BC 50/70	0.24	0.4887	0.0754	12.114
	II	64	BC 50/70	0.25	0.4887	0.0754	12.619
	III	64	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	6.057
	IV	64	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	8.076
10%-20%-30%-40%	I	102	BC 50/70	0.24	0.4887	0.0754	19.307
	II	26	BC 50/70	0.25	0.4887	0.0754	5.127
	III	51	BC 50/70	0.12	0.4887	0.0754	4.827
	IV	77	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	9.717

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 38.867 V untuk 25%-25%-25%-25% dan 38.978 V untuk 10%-20%-30%-40% dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata memenuhi standard Voltage Drop sebesar 10%.

b. Untuk Trafo 160 kVA

Tabel 4.21 Pembagian beban terbagi rata dan tidak terbagi rata pada trafo 160 kVA

Beban terbagi rata dengan	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
					R (O/kms)	X(mho/kms)	
25%-25%-25%-25%	I	54	BC 50/70	0.24	0.4887	0.0754	10.222
	II	54	BC 50/70	0.32	0.4887	0.0754	13.629
	III	54	BC 50/70	0.20	0.4887	0.0754	8.518
	IV	54	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	6.814
10%-20%-30%-40%	I	43	BC 50/70	0.24	0.4887	0.0754	8.139
	II	22	BC 50/70	0.32	0.4887	0.0754	5.552
	III	108	BC 50/70	0.20	0.4887	0.0754	17.036
	IV	65	BC 50/70	0.16	0.4887	0.0754	8.202

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 39.183 V untuk 25%-25%-25%-25% dan 38.930 V untuk 10%-20%-30%-40% dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata memenuhi standard Voltage Drop sebesar 10%.

c. Untuk Trafo 3x50 kVA

Tabel 4.22 Pembagian beban terbagi rata dan tidak terbagi rata pada trafo 3x50 kVA

Beban terbagi rata dengan	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
					R (O/kms)	X(mho/kms)	
25%-25%-25%-25%	I	51	BC 50/70	0.30	0.4887	0.0754	12.067
	II	51	ACSR30/50	0.12	0.6842	0.0665	6.538
	III	51	ACSR30/50	0.16	0.6842	0.0665	8.718
	IV	51	BC 25	0.12	1.3683	0.0431	12.571
10%-20%-30%-40%	I	20	BC 50/70	0.30	0.4887	0.0754	4.732
	II	61	ACSR30/50	0.12	0.6842	0.0665	7.820
	III	41	ACSR30/50	0.16	0.6842	0.0665	7.008
	IV	81	BC 25	0.12	1.3683	0.0431	19.965

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 39.894 V untuk 25%-25%-25%-25% dan 39.526 V untuk 10%-20%-30%-40% dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata memenuhi standard Voltage Drop sebesar 10%.

d. Untuk Trafo 3x25 kVA

Tabel 4.23 Pembagian beban terbagi rata dan tidak terbagi rata pada trafo 3x25 kVA

Beban terbagi rata dengan	Saluran	Arus (I) Ampere	Jenis Konduktor	l (kms)	Impendansi		Voltage Drop persection (V)
					R (O/kms)	X(mho/kms)	
25%-25%-25%-25%	I	25	BC 50/70	0.40	0.4887	0.0754	7.887
	II	25	ACSR30/50	0.20	0.6842	0.0665	5.342
	III	25	ACSR30/50	0.25	0.6842	0.0665	6.677
	IV	25	BC 25	0.10	1.3683	0.0431	5.135
10%-20%-30%-40%	I	10	BC 50/70	0.40	0.4887	0.0754	3.155
	II	20	ACSR30/50	0.20	0.6842	0.0665	4.273
	III	30	ACSR30/50	0.25	0.6842	0.0665	8.013
	IV	40	BC 25	0.10	1.3683	0.0431	8.216

Perhitungan total Voltage Drop pada tabel diatas yakni sebesar 25.041 V untuk 25%-25%-25%-25% dan 23.657 V untuk 10%-20%-30%-40% dari tegangan mula-mula 400V. Ternyata memenuhi standard Voltage Drop sebesar 10%.

4.3 Analisa Losses pada Penyulang Kebomas

Dengan menggunakan rumus $losses = \frac{kwh_{produksi} - kwh_{jual}}{kwh_{produksi}} \times 100\%$

Rumus mencari $Kwh_{produksi} = \sqrt{3} V I \cos f_1 T$, sedangkan:

$$Kwh_{jual} = \sqrt{3} (V - VD) I \cos f_2 T$$

Keterangan : V = Tegangan mula-mula (kV atau V)

VD = Voltage Drop (kV atau V)

I = Arus yang mengalir (A)

$\cos f_1$ = power faktor mula-mula

$\cos f_2$ = power faktor pada pelanggan

T = waktu (hours)

Untuk Tegangan 20, 20.5, 21 kV maka Arus pada kondisi WBP = 152, 148, 144 A (5 jam) dan LWBP = 85, 83, 81 A (19 jam).

Maka dapat dihitung losses untuk tegangan 20 kV ($I=152$ A) sebagai berikut:

a. Kwh Produksi

- $kWh_{Produksi \text{ untuk WBP}} = \sqrt{3} V I \cos f_1 T$

$$kWh_{Produksi \text{ untuk WBP}} = \sqrt{3} 20.5 \text{ kV} \times 152 \times 0.85 \times (30 \text{ hr} \times 5)$$

$$kWh_{Produksi \text{ untuk WBP}} = 688126.465 \text{ kWh}$$

- $kWh_{Produksi \text{ untuk LWBP}} = \sqrt{3} V I \cos f_1 T$

$$kWh_{Produksi \text{ untuk LWBP}} = \sqrt{3} 20 \text{ kV} \times 85 \times 0.85 \times (30 \text{ hr} \times 19)$$

$$kWh_{Produksi \text{ untuk LWBP}} = 1426603.650 \text{ kWh}$$

$$\text{Total kWh Produksi} = 688126.465 + 1426603.650 \text{ kWh}$$

$$\text{Total kWh Produksi} = 2114730.115 \text{ kWh}$$

b. Kwh Jual

- $\text{kWh jual untuk WBP} = \sqrt{3} \text{ V I } \cos \phi \text{ T}$

- Section I

$$\text{kWh jual untuk WBP I} = \sqrt{3} (20.5-0.277) \text{ kV} \times 37 \times 0.85 \times (30 \text{ hr} \times 5)$$

$$\text{kWh jual untuk WBP I} = 165421.116 \text{ kWh}$$

- Section II

$$\text{kWh jual untuk WBP II} = \sqrt{3} (20.5-0.240) \text{ kV} \times 35 \times 0.83 \times (30 \text{ hr} \times 5)$$

$$\text{kWh jual untuk WBP II} = 152910.555 \text{ kWh}$$

- Section III

$$\text{kWh jual untuk WBP III} = \sqrt{3} (20.5-0.151) \text{ kV} \times 25 \times 0.82 \times (30 \text{ hr} \times 5)$$

$$\text{kWh jual untuk WBP III} = 108379.918 \text{ kWh}$$

- Section IV

$$\text{kWh jual untuk WBP IV} = \sqrt{3} (20.5-0.066) \text{ kV} \times 25 \times 0.81 \times (30 \text{ hr} \times 5)$$

$$\text{kWh jual untuk WBP IV} = 107505.406 \text{ kWh}$$

- Section V

$$\text{kWh jual untuk WBP V} = \sqrt{3} (20.5-0.039) \text{ kV} \times 30 \times 0.80 \times (30 \text{ hr} \times 5)$$

$$\text{kWh jual untuk WBP V} = 127582.170 \text{ kWh}$$

$$\text{Kwh total jual WBP} = \text{WBP I} + \text{WBP II} + \text{WBP III} + \text{WBP IV} + \text{WBP V}$$

$$\text{Kwh total jual WBP} = 661619.164 \text{ kWh}$$

- $\text{kWh jual untuk LWBP} = \sqrt{3} V I \cos \phi T$

- Section I

$$\text{kWh jual untuk LWBP I} = \sqrt{3} (20-0.155) \text{ kV} \times 20 \times 0.85 \times (30 \text{ hr} \times 19)$$

$$\text{kWh jual untuk LWBP I} = 333069.993 \text{ kWh}$$

- Section II

$$\text{kWh jual untuk LWBP II} = \sqrt{3} (20-0.136) \text{ kV} \times 18 \times 0.83 \times (30 \text{ hr} \times 19)$$

$$\text{kWh jual untuk LWBP II} = 292989.993 \text{ kWh}$$

- Section III

$$\text{kWh jual untuk LWBP III} = \sqrt{3} (20-0.089) \text{ kV} \times 16 \times 0.82 \times (30 \text{ hr} \times 19)$$

$$\text{kWh jual untuk LWBP III} = 257906.561 \text{ kWh}$$

- Section IV

$$\text{kWh jual untuk LWBP IV} = \sqrt{3} (20-0.042) \text{ kV} \times 15 \times 0.81 \times (30 \text{ hr} \times 19)$$

$$\text{kWh jual untuk LWBP IV} = 239402.554 \text{ kWh}$$

- Section V

$$\text{kWh jual untuk LWBP V} = \sqrt{3} (20-0.021) \text{ kV} \times 16 \times 0.80 \times (30 \text{ hr} \times 19)$$

$$\text{kWh jual untuk LWBP V} = 252475.476 \text{ kWh}$$

$$\text{Kwh total jual LWBP} = \text{LWBP I} + \text{LWBP II} + \text{LWBP III} + \text{LWBP IV} + \text{LWBP V}$$

$$\text{Kwh total jual LWBP} = 1375844.577 \text{ kWh}$$

$$\text{Total kWh Jual} = 661916.164 + 1375844.577 \text{ kWh}$$

$$\text{Total kWh Jual} = 2037463.741 \text{ kWh}$$

$$\text{Maka losses} = ((2114730.114 - 2037463.741) / 2114730.114) \times 100 \%$$

$$= (77266.372 / 2114730.114) \times 100\%$$

$$\text{losses} = 3.65 \%$$

Tabel 4.24 Hasil perhitungan losses pada Penyulang Kebomas dalam %

Sect.	Vn (kV)	Vr (kV)	Voltage Drop	Kondisi	Arus (I) A	cos f	Kwh Jual (30hr)	Kwh Prod. (30 hr) kwh	Kwh Jual (30hr) Total Kwh	Losses Total (30 hr)	
										Real kwh	%
I	20	20.5	0.277	WBP	37	0.85	165241.116	2114730.114	2037463.741	77266.372	3.65%
		20.0	0.155	LWBP	20	0.85	333069.993				
II		20.5	0.240	WBP	35	0.83	152910.555				
		20.0	0.136	LWBP	18	0.83	292989.993				
III		20.5	0.151	WBP	25	0.82	108379.918				
		20.0	0.089	LWBP	16	0.82	257906.561				
IV		20.5	0.066	WBP	25	0.81	107505.406				
		20.0	0.042	LWBP	15	0.81	239402.554				
V		20.5	0.039	WBP	30	0.80	127582.170				
		20.0	0.021	LWBP	16	0.80	252475.476				
I	20.5	21.0	0.269	WBP	36	0.85	164813.797	2114222.190	2038235.781	75986.409	3.59%
		20.5	0.151	LWBP	20	0.85	341528.913				
II		21.0	0.234	WBP	35	0.83	156729.545				
		20.5	0.132	LWBP	18	0.83	300423.891				
III		21.0	0.145	WBP	24	0.82	106631.907				
		20.5	0.085	LWBP	15	0.82	247907.679				
IV		21.0	0.065	WBP	24	0.81	105735.570				
		20.5	0.036	LWBP	15	0.81	245472.185				
V		21.0	0.038	WBP	29	0.80	126349.227				
		20.5	0.019	LWBP	15	0.80	242643.067				
I	21	21.5	0.262	WBP	35	0.85	164154.379	2111152.563	2036357.017	74795.545	3.54%
		21.0	0.143	LWBP	20	0.85	350054.968				
II		21.5	0.228	WBP	34	0.83	155961.434				
		21.0	0.127	LWBP	18	0.83	307872.539				
III		21.5	0.132	WBP	23	0.82	104702.596				
		21.0	0.081	LWBP	14	0.82	237092.759				
IV		21.5	0.064	WBP	25	0.81	112777.032				
		21.0	0.035	LWBP	14	0.81	234716.383				
V		21.5	0.035	WBP	27	0.80	120458.245				
		21.0	0.019	LWBP	15	0.80	248566.681				

Dari tabel diatas dapat dilihat dan diambil beberapa kesimpulan yaitu Penaikan tegangan menyebabkan Losses turun; cos f pada beban yang menjauh dari pangkal sumber akan semakin kecil dari 0.85, 0.83, 0.82 0.81 0.80 yang timbul akibat pembebanan; Voltage drop akan terjadi disetiap section dan semakin besar voltage drop maka semakin besar pula losses yang terjadi; Penaikkan tegangan lebih tinggi

pada kondisi WBP membantu menurunkan losses dan menambah keandalan distribusi pada Penyulang Kebomas

4.4 Distribusi management sistem pada Penyulang Kebomas

4.4.1. Pemeliharaan Penyulang Kebomas

- Pemeliharaan jaringan pada JTM dan JTR mencapai seperlima (3.78 kms untuk JTM dan 14.847 kms untuk JTR) dari total jaringan JTM (18.69 kms) dan JTR (73.05 kms).
- Pemeliharaan Gardu yang ada sudah baik karena yang dipelihara adalah 32 dari total 42 gardu artinya 76.2% yang dipelihara dengan baik.
- Tahun 2003, dengan pertumbuhan ekonomi daerah Gresik sebesar 5 %, maka perlu ditingkatkan pemeliharaan pada jaringan distribusi baik JTM (15%-17%) maupun JTR (10 %) dari Pemeliharaan tahun 2002.
- Dengan kondisi sistim distribusi yang panjang jaringan SUTMnya sekitar 18.69 kms, dapat mengganti sistim distribusi dari sistim interkoneksi menjadi sistim open loop, dengan catatan panjang jaringan sebesar 2,69 kms dipindah ke Penyulang lainnya. Sehingga pemeliharaan dan gangguan yang terjadi dapat diperkecil.

4.4.2. Voltage Drop pada Penyulang Kebomas

- Voltage Drop yang terjadi pada jaringan distribusi Penyulang Kebomas adalah masing-masing sebesar 0.772, 0.755, 0.720 kV dari total tegangan masing-masing sebesar 20 kV, 20.5 kV, 21 kV. Voltage Drop pada Penyulang Kebomas masih dalam batas yang wajar dengan persentasi masing-masing sebesar 3.86 %, 3.68 % dan 3.42 %. Berarti sistim distribusi Penyulang Kebomas pada JTM sudah memiliki voltage drop yang rendah.
- Perhitungan pada trafo 200 kVA (T566), 160 kVA (T450) , Voltage Drop yang terjadi jika dibandingkan dengan standard maksimal dan minimal dari Voltage Drop maka dapat diambil kesimpulan voltage drop trafo 200 kVA (T566) dan 160 kVA (T450) ini masih ada yang tidak memenuhi standard yang ada.

- Menurunkan Voltage Drop yang berlebihan pada trafo maka dapat diambil beberapa langkah seperti :
 1. Jaringan yang terlalu panjang diatur dan diperpendek jaraknya maksimal 1.2 kms dengan beban yang merata.
 2. Penambahan trafo sisipan pada jaringan yang terlalu panjang guna memperpendek jaringan di T485 (100kVA).
 3. Pengaturan pada JTR dengan cara menambah jurusan trafo dari 2 jurusan menjadi 4 jurusan.
 4. Menaikkan tegangan awal, misalnya dari 20 kV menjadi 20.5 untuk LWBP dan 21 kV untuk WBP.

4.4.3. Losses pada Penyulang Kebomas

- Hasil perhitungan Losses pun menyimpulkan hal yang sama dengan persentase losses masing-masing sebesar 3.65% (20kV), 3.59% (20.5kV), 3.54% (21kV).
- Untuk perhitungan Load Factor dapat dihitung dengan cara berikut:

$$LF = (\text{Average/peak})$$

$$\text{Peak} = \sqrt{3} \text{ kV } I_{\text{max}} \cos \phi$$

$$\text{Peak} = \sqrt{3} \text{ 20 x 152 x 0.85}$$

$$\text{Peak} = 4475.619 \text{ kW}$$

$$\text{kWh jual} = 2037463.741 \text{ kWh}$$

$$\text{Average} = \text{kWh jual} / (24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari})$$

$$\text{Average} = 2829.811 \text{ kW}$$

$$\text{Maka } LF = 2829.811 / 4475.619 = 0.63$$

Jadi Load Factor pada Penyulang Kebomas adalah sebesar 0.63 dan jika dibandingkan dengan LF pada gardu induk Petrokimia yang besarnya 0.55, maka dapat diambil kesimpulan bahwa LF pada Penyulang Kebomas sudah cukup memadai.

- Kwh Produksi total selama tahun 2002 didapatkan sebagai berikut:

$$\text{Kwh Produksi 1 bulan dengan 30 hari} = 2114730.114 \text{ kWh}$$

Kwh Produksi 1 bulan dengan 31 hari = 2185221.118 kWh

Kwh Produksi 1 bulan dengan 29 hari = 2044239.110 kWh

Kwh produksi 2002 = $(6 \times 2185221.118) + (5 \times 2114730.114) + (1 \times 2044239.110)$

Kwh produksi 2002 = 25729216.390 kWh

- Perhitungan kontribusi Penyulang Kebomas terhadap Losses Total PLN Gresik dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.25 Losses pada Total PLN Gresik

Tahun	1998	1999	2000	2001	2002
Losses %	5.42	3.52	4.72	4.69	5.85

Kwh Produksi total GI Petrokimia untuk tahun 2002 adalah 658.055.115 kWh

Kwh Susut total GI Petrokimia untuk tahun 2002 adalah sebesar 40.853.468 kWh

Total Penyulang pada GI Petrokimia adalah 43 Penyulang. (Data PLN)

Dari tabel 4.23 didapat losses 1 bln (30hr) = 77266.372 kWh, maka untuk:

Losses 1 bln (31hr) = $(77266.732/30) \times 31 \text{ hr} = 79841.918 \text{ kWh}$

Losses 1 bln (29hr) = $(77266.732/30) \times 29 \text{ hr} = 74690.826 \text{ kWh}$

Pada tahun 2002 ada 6 bulan dengan 31 hari, 5 bulan dengan 30 hari dan 1 bulan dengan 29 hari.

Maka Losses selama tahun 2002 adalah sebesar:

Losses 2002 = $(6 \times 79841.918) + (5 \times 77266.372) + (1 \times 74690.826) \text{ kWh}$

Losses 2002 = 940074.194 kWh

Maka kontribusi susut Penyulang Kebomas terhadap GI Petrokimia adalah

Kontribusi = $(940074.194/40853468) \times 100\%$

Kontribusi = 2.3 %

Itu berarti Penyulang Kebomas termasuk salah satu Penyulang yang memiliki Management Losses yang baik.

- Diketahui data Penyulang Kebomas pada tahun 2001 sebagai berikut:

Tabel 4.26 Data Penyulang Kebomas tahun 2001

Tahun	SAIDI (jam/tahun)	SAIFI (kali/tahun)	Voltage Drop	Losses (%)		kWh Produksi	kWh Jual
				P. Kebomas	Total		
2001	14.44	2.31	0.840	3.904	2.46	23413586.910	22408116.250

Tabel 4.27 Perbandingan Data Penyulang Kebomas Tahun 2001 dan 2002

Tahun	SAIDI (jam/tahun)	SAIFI (kali/tahun)	Voltage Drop (kV)	Losses (%)		kWh Produksi	kWh Jual
				P. Kebomas	Total		
2001	14.44	2.31	0.840	3.904	2.46	23413586.910	22408093.850
2002	14.31	2.18	0.772	3.650	2.30	25729216.390	24789142.196

Penurunan Losses dan peningkatan Kwh Jual pada Penyulang Kebomas karena gangguan bisa ditekan, sehingga keandalan Penyulang menjadi tinggi dan pelanggan meningkatkan produktivitas karena percaya pada continuitas penyaluran distribusi listrik bagus.

Dari hasil perbandingan di atas maka DMS pada Penyulang Kebomas pada tahun 2002 sudah berhasil baik