

Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu

Suprianto

Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

Jl. Almamater No.1 Kampus USU Medan 20155

suprianto@polmed.ac.id

Abstract

Electrical voltage is one of the magnitude of electricity that very influential on a power system as well as a determinant factor in electrical power system quality. Over voltage, under voltage and voltage stability, they are the main problem in the electrical voltage problem, this research aims to evaluate the voltage drop in medium voltage distribution system 20 kV in PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu this research is expected to be a reference to make improvement the voltage drop and increasing quality of electrical power service better. This research was conducted on a radial network of primary distribution systems where voltage drop was observed at three types of buses in the system ie the main buses, the sub of main buses and the lateral buses. The data collection is done according to the data that needed in analyzing the voltage drop with load flow simulation using Electrical Transient Analysis Program software, the result that obtained then validated by comparing the simulation result with the manual calculation according to related formulas and applicable for the calculation of voltage drop, from the simulation results show that the greatest voltage drop when outside of peak load time is 91,52% or in the magnitude of the voltage is 18,303 kV, this means the voltage drop is 8,49%. For the peak load time the greatest voltage drop is 83,9%, or in the voltage magnitude is 16,779 kV, this means the voltage drop of 16,11% exceeds the standard limit for the maximum allowable drop voltage of 10%. This is likely due to the line cables loaded for power flow at maximum load, the quality of line cables is bad or the junction of cable is lax.

Keywords: Voltage Drop, Distribution System, Electrical Transient Analysis Program (ETAP)

I. PENDAHULUAN

Perencanaan suatu sistem tenaga listrik tentunya sudah mempunyai pertimbangan dalam berbagai kajian, kajian sistem tenaga listrik secara umum adalah perencanaan generator, transformator, kabel saluran, peralatan proteksi, perkiraan beban termasuk beban puncak dan luar beban puncak, penambahan beban listrik dan lain-lain, seiring dengan berjalannya waktu dan perkembangan zaman yang berdampak pada pola hidup dan kebutuhan masyarakat, pertambahan jumlah penduduk, tingkat perekonomian, pelayanan dan permintaan barang dan jasa baik secara langsung maupun tidak langsung akan menuntut kebutuhan listrik semakin meningkat sehingga kajian sistem tenaga listrik harus senantiasa diperbaharui.

Kajian sistem tenaga listrik salah satunya adalah kajian terhadap tegangan sistem yang merupakan salah satu penentu kualitas sistem tenaga listrik. Tegangan listrik yang lebih (*over voltage*) atau tegangan listrik yang kurang (*under voltage*) atau yang tidak stabil akan menyebabkan pelayanan terhadap beban terganggu, beban tidak dapat bekerja secara optimal bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada beban listrik dan pada akhirnya akan merugikan para pelanggan/konsumen listrik. Untuk itu perusahaan penyedia tenaga listrik dalam hal ini PT. PLN yang tentunya melayani kebutuhan listrik dalam skala besar khususnya di negara Indonesia, harus selalu memperhatikan kualitas tegangan pada sistem tenaga listriknya. Berkaitan

dengan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tegangan listrik setiap bus pada sistem distribusi tenaga listrik 20 kV di PT. PLN Area Rantau Prapat Rayon Kota Batu Sumatera Utara dengan menggunakan bantuan software Electrical Transient Analysis Program yang diharapkan dapat memberikan pedoman dan rekomendasi untuk memperbaiki kualitas tegangan pada sistem distribusi tenaga listrik tersebut. Penelitian mengenai analisa tegangan telah juga dilakukan oleh peneliti lain namun untuk studi kasus yang berbeda dan dilakukan di tempat yang berbeda dengan menggunakan beberapa software diantaranya Etap, Matlab, Microsoft Excel dan lain-lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan peralatan/mesin listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi untuk mensuplai tenaga dan mengalirkan listrik dari sumber tenaga listrik (pembangkit, gardu induk, dan gardu distribusi) ke beban atau konsumen (Kothari, 2005:96). Dalam sistem distribusi terdapat beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu sistem jaringan distribusi radial, sistem

jaringan distribusi rangkaian tertutup (loop) dan sistem jaringan distribusi spindel.

Sistem distribusi mempunyai peranan yaitu untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik ke masing-masing beban atau konsumen dengan mengubah tegangan listrik yang didistribusikan menjadi tegangan yang dikehendaki, karena kedudukan sistem distribusi merupakan bagian yang paling akhir dari keseluruhan sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi mendistribusikan langsung tenaga listrik pada beban atau konsumen yang membutuhkan. Dalam pendistribusian tenaga listrik kekonsumen, tegangan listrik yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan (Hadi,1994:56). Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV atau 6,3 kV sedangkan untuk konsumen tegangan rendah 0,4 kV yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan pabrik perkantoran dan rumah tangga (Zuhail, 1991:74).

Tegangan Jatuh atau drop voltage adalah besar penurunan atau kehilangan nilai tegangan listrik pada suatu penghantar dari nilai tegangan normalnya, atau bisa juga disebut bahwa tegangan jatuh adalah selisih antara besar tegangan pangkal (Sumber) dengan besar tegangan ujung (beban) dari suatu instalasi listrik (Lily, 2015:5). Besarnya kerugian tegangan atau tegangan jatuh (*drop voltage*) yang terjadi pada suatu jaringan listrik, dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Panjang kabel Penghantar

Semakin panjang kabel penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

2. Besar arus

Semakin besar arus listrik yang mengalir pada penghantar, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

3. Tahanan jenis (Rho)

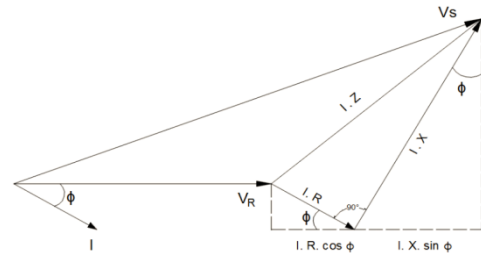
Semakin besar tahanan jenis dari bahan penghantar yang digunakan, maka semakin besar kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi. Kombinasi antara resistansi dan reaktansi disebut dengan impedansi yang dinyatakan dalam satuan ohm (Stevenson, 1994:89).

4. Luas Penampang penghantar.

Semakin besar ukuran luas penampang penghantar yang digunakan, maka semakin kecil kerugian tegangan atau tegangan jatuh yang terjadi.

Perhitungan jatuh tegangan pada jaring distribusi adalah selisih antara tegangan pangkal pengirim (*sending end*) dengan tegangan pada ujung penerima (*receiving end*). Jatuh tegangan terjadi karena ada pengaruh dari tahanan dan reaktansi saluran, perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan serta besar arus beban, jatuh tegangan

pada saluran bolak-balik tergantung pada impedansi, beban, dan jarak. Suatu sistem arus bolak-balik, besar jatuh tegangan dapat dihitung berdasarkan diagram fasor (Gonen, 1988:123)



Gambar 1. Diagram fasor tegangan dan arus jaringan distribusi

Dari diagram fasor pada Gambar 1, tegangan kirim adalah :

$$\bar{V}_s = V_s < \delta \quad \dots \dots \dots (1)$$

Arus adalah :

$$\bar{I} = I \angle -\phi \quad \dots \dots \dots (2)$$

Regulasi tegangan dapat didefinisikan sebagai :

$$VR_{pu} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \quad \dots \dots \dots (3)$$

Persentase regulasi tegangan dapat didefinisikan sebagai :

$$\%VR_{pu} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 \quad \dots \dots \dots (4)$$

atau ,

$$\%VR_{pu} = VR_{pu} \times 100 \quad \dots \dots \dots (5)$$

Sedangkan jatuh tegangan per-unit didefinisikan sebagai :

$$VD_{pu} = \frac{V_s - V_r}{V_B} \quad \dots \dots \dots (6)$$

Sehingga persentase jatuh tegangan :

$$\%VD = \frac{V_s - V_r}{V_B} \times 100 \quad \dots \dots \dots (7)$$

atau,

$$\%VD = VD_{pu} \times 100 \quad \dots \dots \dots (8)$$

Di mana V_B adalah tegangan dasar yang bebas dipilih apakah tegangan dasar sekunder, atau menggunakan tegangan dasar primer dengan memperhitungkan rasio transformator yang digunakan.

Dari Gambar 1, diagram fasor tegangan kirim adalah :

$$\bar{V}_s = V_r + \bar{I} \cdot Z \quad \dots \dots \dots (9)$$

atau,

$$V_s = V_r \angle 0^\circ + (I \angle -\phi) \cdot (R + jX) \quad (10)$$

$$V_s = V_r \angle 0^\circ + I (\cos(\phi) - j \sin(\phi)) \cdot (R + jX) \quad (11)$$

Hubungan Z, R dan X dalam bentuk trigonometri adalah

$$\cos(\phi) = \frac{R}{Z} \quad \text{dan}, \quad \sin(\phi) = \frac{X}{Z} \quad (12)$$

Substitusi persamaan (12) kedalam persamaan (11) menjadi

$$V_s = V_r + I \cdot \{ \cos(\phi) \cdot R + j X \cos(\phi) - j R \sin(\phi) + X \sin(\phi) \} \quad (13)$$

$$V_s = V_r + I \cdot \left\{ \cos(\phi) \cdot R + j X \cdot \left(\frac{R}{Z} \right) - j R \left(\frac{X}{Z} \right) + X \sin(\phi) \right\} \quad (14)$$

Sehingga persamaan menjadi

$$V_s = V_r + I \cdot R \cos(\phi) + I \cdot X \sin(\phi) \quad \dots (15)$$

Sehingga jatuh tegangan untuk faktor daya terbelakang adalah :

$$V_{D1\phi} = I \cdot R \cos(\phi) + I \cdot X \sin(\phi) \quad (16)$$

Untuk sistem tiga fasa

$$V_{D3\phi} = \sqrt{3} [I \cdot R \cos(\phi) + I \cdot X \sin(\phi)] \quad (17)$$

Jika impedansi total saluran merupakan $R = r \cdot l$ dan $X = x \cdot l$ dan besarnya arus adalah :

$$I = \frac{S_s}{\sqrt{3} V_s} \quad \dots \dots \dots (18)$$

Substitusi persamaan (18) kedalam persamaan (17) menjadi :

$$V_{D3\phi} = \frac{S_s \cdot [r \cos(\phi) + x \sin(\phi)] \cdot l}{V_s} \quad (19)$$

Karena rugi-rugi saluran diabaikan, maka daya pada sisi kirim sama dengan daya sisi terima.

$$S_s = S_r \quad \dots \dots \dots (20)$$

Diasumsikan tegangan dasar V_B menggunakan tegangan kirim V_s , dengan mensubstitusi persamaan (20) ke persamaan (19) menjadi :

$$V_{D(pu)} = \frac{S_r \cdot [r \cos(\phi) + x \sin(\phi)] \cdot l}{V_s^2} \quad (21)$$

$$\% V_D = \frac{S_r \cdot [r \cos(\phi) + x \sin(\phi)] \cdot l}{V_s^2} \times 100 \quad (22)$$

Dalam menganalisis sistem distribusi tegangan menengah pada umumnya besaran beban atau daya menggunakan satuan KVA sedangkan besaran tegangan menggunakan satuan KV, sehingga persamaan dapat dikonversikan dengan cara dibagi dengan 1000 menjadi

$$\% V_D = \frac{S_r \cdot [r \cos(\phi) + x \sin(\phi)] \cdot l}{V_s^2} \times \frac{100}{1000} \quad (23)$$

Sehingga persentase jatuh tegangan sistem tiga fasa adalah

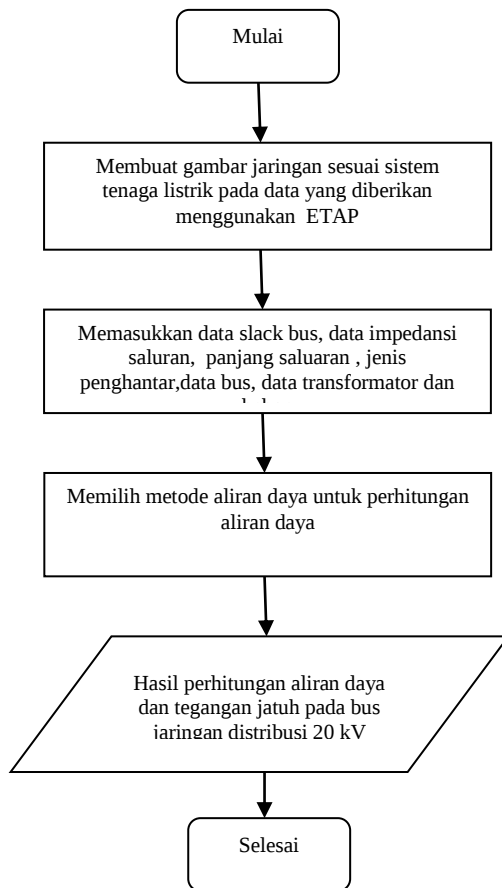
$$\% V_D = \frac{S_r \cdot [r \cos(\phi) + x \sin(\phi)] \cdot l}{10 \cdot V_s^2} \quad (24)$$

dimana :

- V_s = Tegangan kirim dalam (KV)
- V_r = Tegangan terima dalam (KV)
- S_r = Daya kompleks sisi terima dalam (KVA)
- r = Resistansi saluran dalam (Ohm/Km)
- x = Reaktansi saluran dalam (Ohm/Km)
- l = Panjang saluran (Km)
- R = Resistansi saluran dalam (Ohm)
- X = Reaktansi saluran dalam (Ohm)
- $V_{D3\phi}$ = Jatuh tegangan tiga fasa dalam (KV)
- V_{dpu} = Jatuh tegangan dalam (pu)
- V_B = Tegangan dasar dalam (Volt)
- I = Arus dalam (Ampere)
- $V_D\%$ = Persentase jatuh tegangan dalam (%)

III. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan untuk mengetahui tegangan jatuh pada jaringan distribusi 20 kV di PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu menggunakan simulasi aliran daya dengan bantuan perangkat lunak ETAP. Alur penelitian sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Data saluran yang digunakan dalam analisa tegangan jatuh pada jaringan distribusi 20 kV di PT.PLN Area Ranto Prapat Rayon Aek Kota Batu adalah data jenis penghantar, diameter kabel saluran dan panjang saluran pada setiap segmen penyulang.

Tabel 1. Data Saluran Distribusi

NO. SIMPUL	PENYULANG SUTM								
	SEGMENT PENYULANG			PANJANG PENYULANG					
	UTAMA	SUB UTAMA	LATERAL	UTAMA	SUB UTAMA	LATERAL			
	JENIS PENGHANTAR			AAAC	AAAC	AAAC	AAAC	AAAC	AAAC
	JLH. PHASA X PENAMPANG			3 X 240	3 X 70	3X 35	3 X150	3 X 70	3X 35
	SATUAN			(KMS)	(KMS)	(KMS)	(KMS)	(KMS)	(KMS)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 - 2			8.8					
2	2 - 3			0.05					
3	3 - 4			0.95					
4	4 - 5	4 - 20		1.55	3.35				
5	5 - 6	5 - 22		2.75	2.05				
6	6 - 7		6 - 99	2.7	1.35				
7	7 - 8			0.3					
8	8 - 9		8 - 99	0.15			1.3		
9	9 - 10	9 - 9A		0.6	0.1				
9a		9A							
10	10 - 11		10 - 99	0.35				0.3	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9a		9A							
10	10 - 11		10 – 99	0.35				0.3	
11	11 – 12	11 – 28		0.35		0.05			
12	12 - 13	12 – 31		0.3		0.05			
13	13 - 14			0.75					
14	14 - 15		14 – 99	0.35					0.45
15	15 - 16	15 – 32		2.85	0.25				
16	16 - 17	16 – 42		0.1	0.05				
17	17 - 18	17 – 43		2	0.15				
18	18 - 19		18 – 99	0.55					1.9
19	19 - 57			1.6					
20		20 – 21			2.25				
21			21 – 99						0.95
			21 – 1.99						8.75
22		22 – 23	22 – 99		0.1			0.65	
23		23 – 24	23 – 99		0.95			1.2	
24		24 – 25	24 – 99		0.2			0.2	
25		25 – 26			0.45				
		25 – 27			0.55				
26			26 – 99					7.4	
27			27 – 99						0.9
			27 – 1.99					1.85	
28		28 – 29				1			
29		29 – 30				8.1			
30			30 – 99						2.4
31			31 – 99					5.95	
32		32 – 33			1.75				

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi tegangan jatuh diperoleh melalui analisa *load flow* dengan metode Newton Rapshon menggunakan *software* ETAP. Perbandingan dan validasi untuk satu bus dipilih untuk merepresentasikan hasil keseluruhan tegangan jatuh pada sistem. Bus yang dipilih adalah bus 2, penggunaan rumus tegangan jatuh sesuai persamaan (17) dan (24). Beberapa parameter pada bus 2 pada saat LWBP diketahui dari data dan hasil simulasi aliran daya sebagai berikut:

R saluran = 0,1344 ohm/km

X saluran = 0,3158 ohm/km

L saluran = 8,8 km

I saluran = 142,7 A

MVA = 4943 kVA

Pf = 81,6%

Tegangan Kirim = 20 kV

Tegangan Terima = 19,368 Kv

Persentase drop tegangan sesuai persamaan (24) adalah :

$$\% V_D = \frac{S_r \cdot [r \cos(\phi) + x \sin(\phi)] \cdot l}{10 \cdot V_s^2}$$

$$\% V_D = \frac{4943 \times [0.1344 \times \cos(35.31) + 0.3158 \times \sin(35.31)] \times 8.8}{10 \times (20)^2}$$

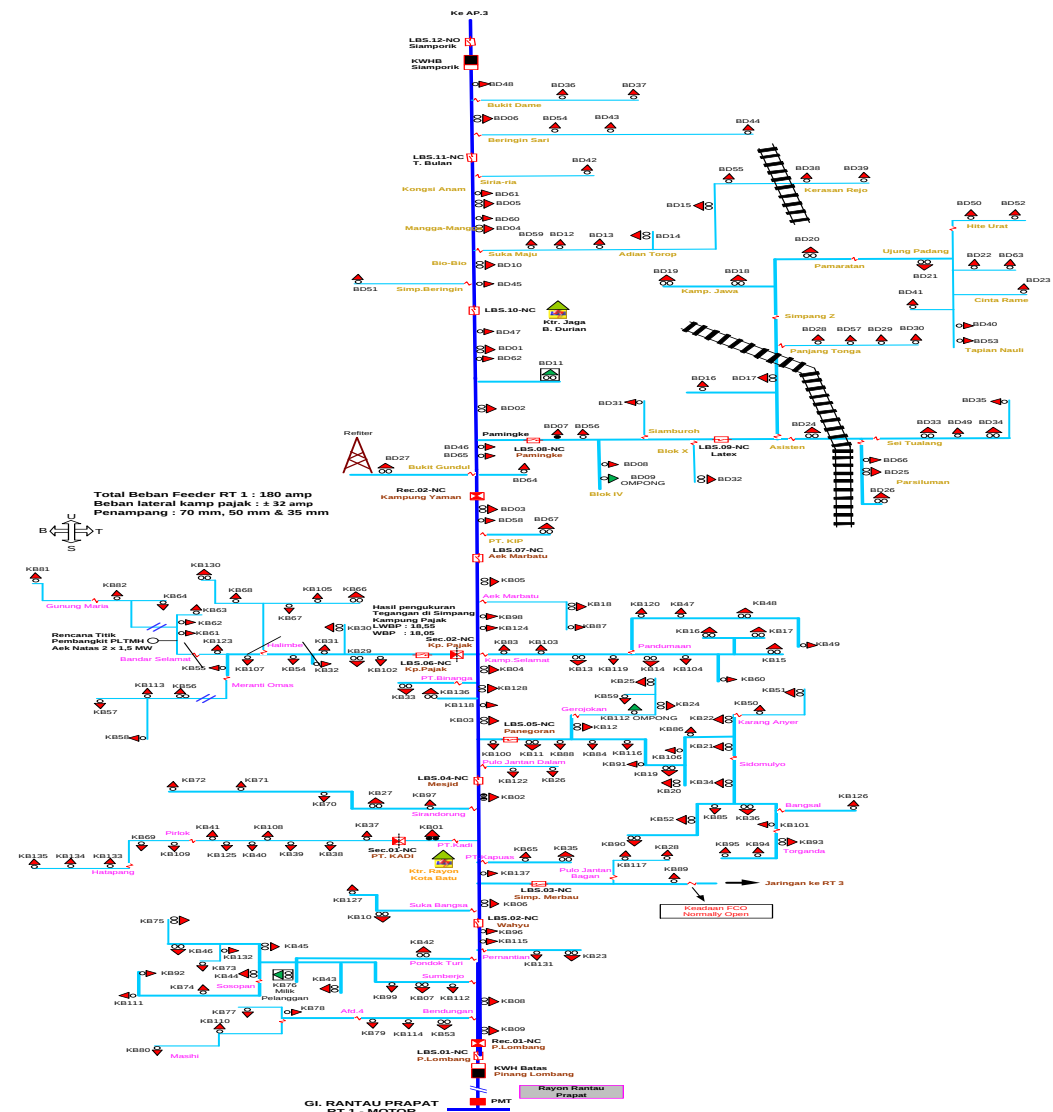
$$\% V_D = 3,17$$

Sedangkan drop tegangan sesuai persamaan (17) adalah :

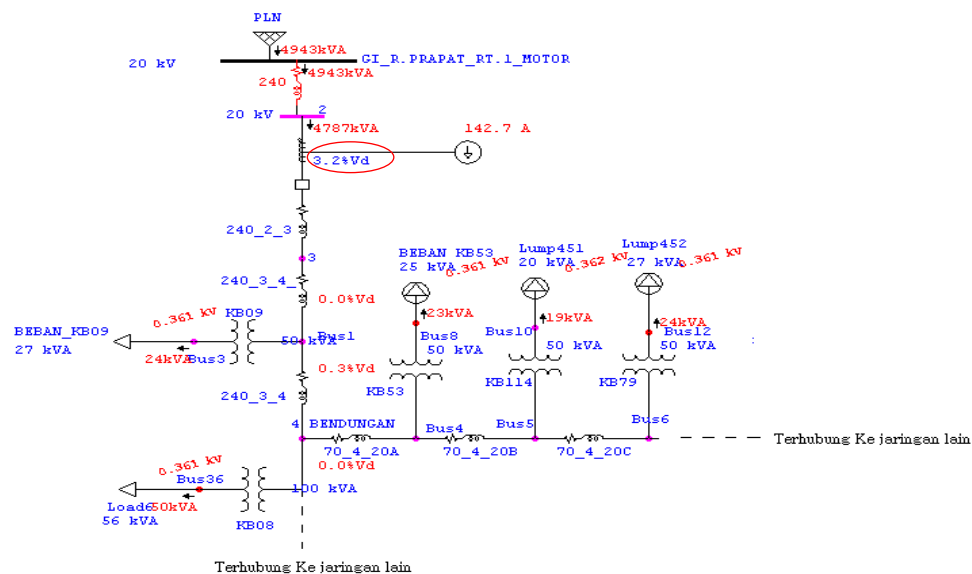
$$\begin{aligned} V_{D\ 3\phi} &= \sqrt{3}[I \cdot R \cos(\phi) + I \cdot X \sin(\phi)] \\ V_{D\ 3\phi} &= \sqrt{3}[142.7 \times 0.1344 \times 8.8 \times \cos(35.31) \\ &\quad + 142.7 \times 0.3158 \times \sin(35.31)] \\ V_{D\ 3\phi} &= 635,5 \text{ Volt} \end{aligned}$$

atau

$$V_D = \frac{635,5}{20000} \times 100 \% = 3,17 \%$$



Gambar 3. One line diagram sistem distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu



Gambar 4. Hasil simulasi menggunakan ETAP untuk tegangan jatuh pada bus 2

Tabel 2. Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan manual pada bus 2

Tegangan Jatuh (ΔV)		Selisih
Hasil Simulasi	Perhitungan Manual	
3.16%	3.17%	0.01 %

Selisih hasil simulasi dengan perhitungan manual adalah 0,01%, hal ini menunjukkan selisih yang sangat kecil, selisih tersebut terjadi karena dalam perhitungan manual tidak memperhitungkan faktor suhu kabel yang dapat mempengaruhi nilai impedansi saluran. Dengan selisih yang sangat kecil ini maka dapat dianggap selisih diabaikan dan hasil simulasi menjadi hasil yang valid untuk analisa tegangan jatuh pada jaringan distribusi.

Hasil simulasi pada keadaan LWBP menunjukkan tegangan jatuh yang terbesar pada bus-bus utama adalah pada bus 19 atau bus Marbatu yaitu sebesar 92,47% atau 18,493kV dan drop 7,53% yang berarti masih dalam batas standar SPLN yaitu 10% menurut standar ETAP nilai ini melebihi *marginal limit* (2%) untuk *under voltage* dan batas *critical limit* (5%) hal ini disebabkan jarak bus tersebut adalah bus yang terjauh dari bus RT.1 Motor, sedangkan jatuh tegangan terkecil

pada bus 2 atau bus Pinang Lombang yaitu 96,84% atau 19,368 kV dan hanya drop 3,16%.

Hasil simulasi pada keadaan WBP menunjukkan tegangan jatuh yang terbesar pada bus-bus utama adalah pada bus 19 atau bus Marbatu yaitu sebesar 89,84% atau 17,968kV dan drop 10,16% yang berarti melebihi batas standar SPLN yaitu 10%, menurut standar ETAP nilai ini juga melebihi *marginal limit* (2%) untuk *under voltage* dan batas *critical limit* (5%) sedangkan jatuh tegangan terkecil pada bus 2 atau bus Pinang Lombang yaitu 95,71% atau 19,142 kV dan hanya drop 4,29%. Hasil simulasi yang lebih detail seperti pada Tabel 3.

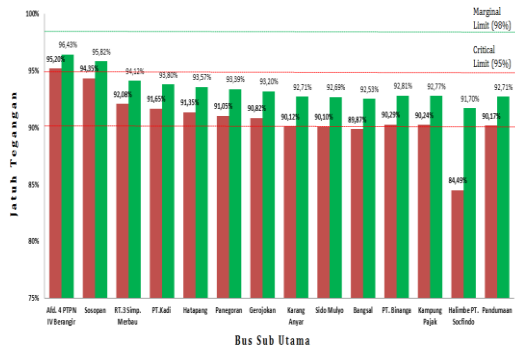
Jatuh tegangan pada saat LWBP maupun WBP pada bus-bus utama akan semakin membesar sebanding dengan jarak yang semakin jauh dari bus gardu induk, dari total 18 bus yang ditinjau ada 13 bus yang drop tegangannya lebih dari 5% pada saat LWBP dan 15 bus yang drop tegangannya lebih dari 5% pada saat WBP. Drop tegangan rata-rata pada saat LWBP adalah 5,89 % dan Drop tegangan rata-rata pada saat WBP adalah 8,06 %

Tabel 3. Hasil simulasi untuk jatuh tegangan pada bus-bus sub utama

No. Bus	Bus Utama	LWBP			WBP			Jenis & ukuran kabel (mm)
		Teg. (%)	Teg. (kV)	Drop Teg. (%)	Teg. (%)	Teg. (kV)	Drop Teg. (%)	
20	Afd. 4 PTPN IV Berangir	96,43	19,285	3,57	95,20	19,04	4,80	AAAC 70
26	Sosopan	95,82	19,163	4,18	94,35	18,869	5,66	AAAC 70
9A	RT.3 Simp. Merbau	94,12	18,824	5,88	92,08	18,416	7,92	AAAC 70
29	PT.Kadi	93,8	18,760	6,2	91,65	18,330	8,35	AAAC 70
30	Hatapang	93,57	18,713	6,43	91,35	18,269	8,66	AAAC 70
32	Panegoran	93,39	18,677	6,61	91,05	18,21	8,95	AAAC 70
34	Gerojokan	93,2	18,639	6,8	90,82	18,164	9,18	AAAC 70
38	Karang Anyar	92,71	18,541	7,29	90,12	18,024	9,88	AAAC 70
39	Sido Mulyo	92,69	18,538	7,31	90,10	18,019	9,91	AAAC 70
41	Bangsar	92,53	18,506	7,47	89,87	17,973	10,14	AAAC 70
42	PT. Binanga	92,81	18,561	7,19	90,29	18,058	9,71	AAAC 70
43	Kampung Pajak	92,77	18,554	7,23	90,24	18,048	9,76	AAAC 70
46	Halimbe PT. Socfindo	91,7	18,340	8,3	84,49	16,897	15,52	AAAC 70

Jatuh tegangan yang terbesar pada saat LWBP adalah pada bus 46 atau bus Halimbe PT. Socfindo yaitu 91,7% atau 18,340 kV dan drop 8,3 % nilai ini sudah melebihi *critical limit* (5%) sedangkan tegangan jatuh terkecil pada Afd.4 PTPN IV Berangir yaitu sebesar 96,43% atau 19,285 kV dan hanya drop 3,57% hal ini disebabkan beban pada bus tersebut kecil dan jarak ke gardu induk Rantau Prapat RT.1-Motor lebih dekat dibandingkan sejumlah bus-bus yang lain.

Hasil simulasi pada keadaan WBP menunjukkan tegangan jatuh yang terbesar pada bus 46 yaitu sebesar 84,49% atau 16,897kV dan drop 15,52% yang berarti melebihi batas standar SPLN yaitu 10%, sedangkan jatuh tegangan terkecil pada bus 2 yaitu 95,21% atau 19,04 kV dan hanya drop 4,8%



Gambar 5. Grafik Jatuh tegangan pada bus sub utama pada saat LWBP dan WBP

Selisih terbesar antara drop tegangan pada saat WBP dengan LWBP adalah pada bus bus Halimbe PT. Socfindo yaitu 7,22% , dan selisih rata-rata drop tegangan pada saat WBP dengan LWBP adalah 2,61%. Perbedaan selisih drop tegangan yang cukup besar pada saat WBP dengan LWBP disebabkan karena penambahan arus yang mengalir melalui bus tersebut pada saat waktu beban puncak dan dapat juga kemungkinan dipengaruhi oleh impedansi jaringan yang bertambah naik akibat usia kabel, korosi atau sambungan yang tidak baik.

Tegangan Jatuh Pada Bus-Bus Lateral Sistem Distribusi 20 kV di PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu

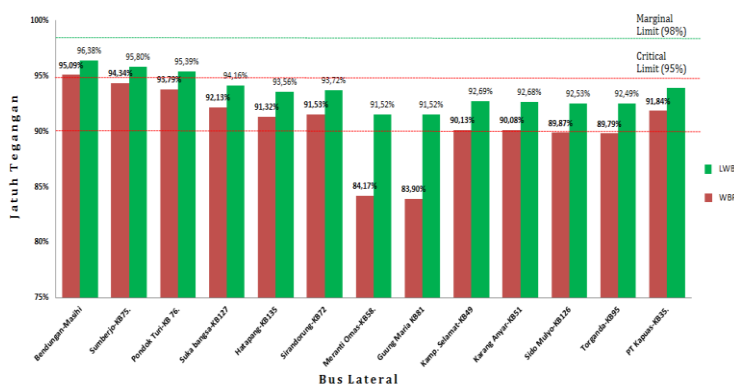
Jatuh tegangan yang terbesar pada saat LWBP adalah pada bus 912 atau bus Meranti Omas-KB72 yaitu 91,52% atau 18,303 kV dan drop tegangan 8,49% nilai ini melebihi *marginal limit* dan *critical limit* sedangkan jatuh tegangan terkecil pada bus 1.99A atau bus lateral Bendungan-Masihi yaitu 96,38% atau 19,275 kV dan drop tegangan 3,63%

Hasil simulasi pada keadaan WBP menunjukkan tegangan jatuh yang terbesar pada bus 1,99 G atau bus Gunung Maria KB81 yaitu sebesar 83,90% atau 16,779Kv dan drop tegangan 16,11% yang berarti melebihi batas standar SPLN yaitu 10% , sedangkan jatuh tegangan terkecil pada bus 1.99A atau bus lateral Bendungan-Masihi yaitu 95,09% atau 19,017 kV dan hanya drop 4,92%

Selisih terbesar antara drop tegangan pada saat WBP dengan LWBP adalah pada bus Meranti Omas-KB72 yaitu 7,35% , dan bus Gunung Maria KB81 yaitu 7,62% selisih rata-rata drop tegangan pada saat WBP dengan LWBP adalah 2,95%. Kedua bus tersebut selain mempunyai beban cukup besar juga sering mempunyai permasalahan dalam hal kabel saluran sehingga menyebabkan penurunan tegangan yang cukup signifikan.

Tabel 4. Hasil simulasi untuk jatuh tegangan pada bus lateral

No. Bus	Bus Utama	LWBP			WBP			Jenis & ukuran kabel (mm)
		Teg. (%)	Teg. (kV)	Drop Teg. (%)	Teg. (%)	Teg. (kV)	Drop Teg. (%)	
1.99A	Bendungan-Masihi	96,38	19,275	3,63	95,09	19,017	4,92	AAAC 35
1.99B.	Sumberjo-KB75.	95,80	19,160	4,20	94,34	18,868	5,66	AAAC 70
Bus118	Pondok Turi-KB 76.	95,39	19,078	4,61	93,79	18,757	6,21	AAAC 70
99G	Suka bangsa-KB127	94,16	18,832	5,84	92,13	18,426	7,87	AAAC 150
99I	Hatapang-KB135	93,56	18,712	6,44	91,32	18,263	8,68	AAAC 35
Bus288	Sirandorung-KB72	93,72	18,743	6,29	91,53	18,306	8,47	AAAC 70
Bus912	Meranti Omas-KB58.	91,52	18,303	8,49	84,17	16,833	15,84	AAAC 35
1.99G	Gunung Maria KB81	91,52	18,304	8,48	83,90	16,779	16,11	AAAC 35
99R	Kamp. Selamat-KB49	92,69	18,537	7,32	90,13	18,026	9,87	AAAC 70
99L	Karang Anyar-KB51	92,68	18,536	7,32	90,08	18,016	9,92	AAAC 35
Bangsai 41	Sido Mulyo-KB126	92,53	18,506	7,47	89,87	17,973	10,14	AAAC 70
99K	Torganda-KB95	92,49	18,497	7,52	89,79	17,958	10,21	AAAC 70
Bus910	PT Kapuas-KB35.	93,94	18,787	6,07	91,84	18,367	8,17	AAAC 70



Gambar 6. Grafik Jatuh tegangan pada bus lateral

V. KESIMPULAN

Setiap bus pada sistem tenaga listrik mempunyai jatuh tegangan atau drop tegangan yang besarnya tergantung dari nilai tahanan jenis kabel, panjang kabel, diameter kabel dan beban yang tersambung pada bus tersebut. Sistem Distribusi 20 kV di PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu merupakan sistem distribusi radial jaringan tegangan menengah dengan jatuh tegangan terbesar pada bus utama, bus sub utama dan bus lateral pada saat LWBP berturut-turut adalah 92,47% ,91,7% dan 91,52%, nilai tersebut masih dalam batas standard untuk *under voltage* maksimum yaitu 10%. Untuk jatuh tegangan terkecil pada bus utama, bus sub utama dan bus lateral berturut-turut adalah 96,84% , 96,43% dan 96,38%.

Pada bus utama, bus sub utama dan bus lateral, jatuh tegangan terbesar berturut turut pada saat WBP adalah 89,84% , 84,49% dan 83,9%, nilai tersebut melebihi batas standard untuk *under voltage* maksimum 10%, Untuk jatuh tegangan terkecil pada bus utama, bus sub utama dan bus lateral berturut-turut adalah 95,71%, 95,21% dan 95,09%. Jatuh tegangan terbesar pada saat LWBP

maupun WBP umumnya terjadi pada bus-bus lateral, hal ini disebabkan karena bus lateral bila dibandingkan dengan bus sub utama dan utama adalah bus yang terjauh dari tegangan kirim kecuali bila bus lateral yang jaraknya lebih dekat dibandingkan dengan bus utama atau sub utama lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gonen, 1988, *Modern Power System Analysis*, Jhon Wiley and Sons, Canada
- [2] Hadi, 1994, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Bandung
- [3] Kothari,DP, 2005, *Modern Power Sistem Analysis*, Tata McGraw Hill, New Delhi
- [4] Lily.S., 2015, *Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi*, E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, ISSN . 2301-8402.
- [5] Stevenson, William D.,Granger, John J, 1994, *Power Sistem Analysis.*, McGraw-Hill International Edition., New York.
- [6] Zuhail, 1991, *Dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung.