

Evaluasi Pengaruh Tegangan Kerja Generator terhadap Kualitas Tegangan Jaringan pada PT.PLN (Persero) Area Luwuk

Herman Nawir^{1*}, Muh Yusuf Yunus², dan Ibnu Amir³

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

³ Jurusan Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin, Makassar 90245, Indonesia

*hermannawir@poliupg.ac.id

Abstract: *One of the service quality parameters is that the voltage supplied to consumers is always at the set value, which is 20 kV for medium voltage and 380/220 Volt for low voltage, many factors can affect the magnitude of the voltage starting when the voltage is generated by the generator, the process distribution to consumers by using a conductor and the amount of load that is on the feeder. This study aims to determine how much influence the generator output voltage has on changes in voltage in the medium voltage network and how much voltage drop occurs at the JTM until it reaches the consumer. The results show that the generator output voltage will affect the base voltage, the greater the generator output voltage, the greater the base voltage and operating voltage of the system. The voltage drop along the industrial feeder before the generator voltage is increased is 281,856 Volts or if it is used as a percentage of 1.441% but when the generator output voltage is increased the voltage drop in the industrial feeder decreases by 277.016 Volts or if it is used as a percentage of 1.392%.*

Keywords: *Generator working voltage, Voltage Quality, PT. PLN Area Luwuk*

Abstrak: Salah satu parameter kualitas pelayanan adalah agar besar tegangan yang disalurkan kepada konsumen selalu berada pada nilai yang ditetapkan yaitu 20 kV untuk tegangan menengah dan 380/220 Volt untuk tegangan rendah, banyak faktor yang dapat mempengaruhi besar tegangan tersebut dimulai saat tegangan dibangkitkan oleh generator, proses penyaluran ke konsumen dengan menggunakan penghantar dan besar beban yang ada pada penyulang tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh tegangan output generator terhadap perubahan tegangan di jaringan tegangan menengah dan seberapa besar penurunan/drop tegangan yang terjadi pada JTM hingga sampai kepada konsumen. Hasil penelitian menunjukkan besar tegangan output generator akan mempengaruhi besar tegangan pangkal, semakin besar tegangan output generator maka akan semakin besar pula tegangan pangkal dan tegangan operasi sistem. Diperoleh drop tegangan sepanjang feeder industri sebelum tegangan generator dinaikkan yaitu sebesar 281,856 Volt atau jika dijadikan persen sebesar 1,441% tetapi ketika tegangan output generator dinaikkan drop tegangan di feeder industri mengalami penurunan yaitu sebesar 277,016 Volt atau jika dijadikan persen sebesar 1,392%.

Kata kunci : Tegangan kerja Generator, Kualitas Tegangan, PT. PLN Area Luwuk

I. PENDAHULUAN

Generator merupakan salah satu komponen utama sistem tenaga listrik yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik kemudian disalurkan ke konsumen melalui transformator dan jaringan distribusi. Tegangan kerja generator seharusnya disesuaikan dengan tegangan kerja trafo step up agar tegangan jaringan distribusi sesuai dengan yang diharapkan. Jaringan distribusi terdiri dari jaringan distribusi primer yang memiliki tegangan kerja 20 kV dan jaringan distribusi sekunder yang memiliki tegangan kerja 380/220 Volt. karena kualitas tenaga listrik yang diterima oleh pelanggan sangat dipengaruhi oleh kondisi jaringan distribusi. Kondisi jaringan distribusi yang tidak optimal akan mengakibatkan pelayanan yang kurang efektif pula, salah satunya karena akibat adanya drop tegangan [1].

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang dalam suatu penghantar yang dapat terjadi karena suatu penghantar mempunyai tahanan. Besar tahanan suatu penghantar sangat dipengaruhi oleh luas penampang penghantar tersebut. Oleh karena itu, penyaluran jarak jauh atau

pelayanan beban yang besar sangat memungkinkan terjadinya drop tegangan. Akibat dari drop tegangan, rugi-rugi daya akan semakin besar yang secara langsung sangat merugikan PT PLN (Persero) sebagai penyedia tenaga listrik di Indonesia [2].

PT PLN (Persero) Area Luwuk merupakan salah satu dari tujuh Area dalam lingkup PT PLN (Persero) Wilayah Suluttenggo yang mengatur pendistribusian tenaga listrik di Luwuk dan sekitarnya. Terdapat delapan *feeder* (penyulang) yang terdapat di wilayah PT PLN (Persero) Area Luwuk. Ketujuh *feeder* tersebut yaitu *feeder* 1 halimun, *feeder* 2 industri, *feeder* 3 kota, *feeder* 4 karaton, *feeder* 5 BPH, *feeder* 6 biak, *feeder* 7 bubung, dan *feeder* 8 moilong yang kesemuanya mendapat suplai tenaga listrik dari Busbar PLTD Luwuk. Jika dibandingkan dengan *feeder* yang lain berdasarkan beban dan kualitas pelayanan per *feeder*, *feeder* industri sangat memungkinkan terjadinya drop tegangan paling besar karena hanya menyuplai untuk kebutuhan pabrik sehingga pada evaluasi drop tegangan ini dilakukan di Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV *feeder* industri PT PLN (Persero) Area Luwuk. Hasil perhitungan drop tegangan di *feeder* industri akan di berikan pada Area Luwuk sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan standarisasi tegangan.

II. METODE PENELITIAN

A. Perhitungan Arus Beban pada Trafo Distribusi

Daya transformator distribusi bila ditinjau dari sisi tegangan menengah/sisi primer dapat dirumuskan sebagai berikut [4]:

- a. Daya transformator 3 fasa

$$S = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I \dots\dots\dots (1)$$

- b. Daya tranformator 1 fasa

$$S = V_{LN} \times I \dots\dots\dots (2)$$

Dimana $V_{LL} = \sqrt{3} \times V_{LN}$

Keterangan:

S = Daya terpakai transformator (kVA)

V_{LL} = Tegangan fasa - fasa (kV)

V_{LN} = Tegangan fasa – netral (kV)

I = Arus beban (A)

Dengan demikian, untuk menghitung arus beban transformator dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Arus beban transformator 3 fasa

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{LL}} \dots\dots\dots (3)$$

- b. Arus beban tranformator 1 fasa

$$I = \frac{S}{V_{LN}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana $V_{LN} = \frac{V_{LL}}{\sqrt{3}}$

Keterangan:

S = Daya terpakai transformator (kVA)

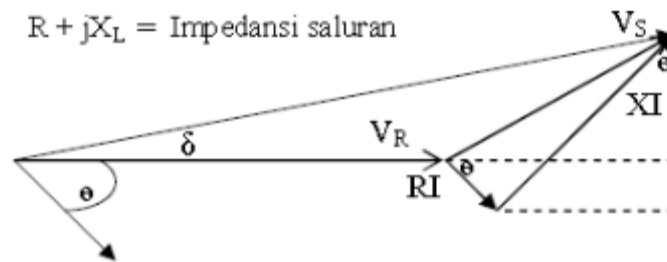
V_{LL} = Tegangan fasa - fasa (kV)

V_{LN} = Tegangan fasa – netral (kV)
 I = Arus beban (A)

B. Drop Tegangan

Drop tegangan merupakan salah satu indikator dari kualitas tegangan yaitu besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar [5], [6].

Penurunan persamaan drop tegangan dapat ditentukan dari gambar diagram fasor transmisi daya pada Gambar 1:



Gambar 1. Diagram vektor pada tegangan saluran distribusi

Pada Gambar 1 dapat diperhatikan bahwa persamaan tegangan yang mendasari diagram vektor tersebut adalah:

$$V_s = V_r + I.R \cos \theta + I.X \sin \theta \dots\dots\dots (7)$$

Karena faktor $(I.R \cos \theta + I.X \sin \theta)$ pada gambar 22 sama dengan $I.Z$, maka persamaan menjadi:

$$V_s = V_r + I.Z \text{ atau } V_s - V_r = I.Z$$

Sehingga $\Delta V = I.Z$

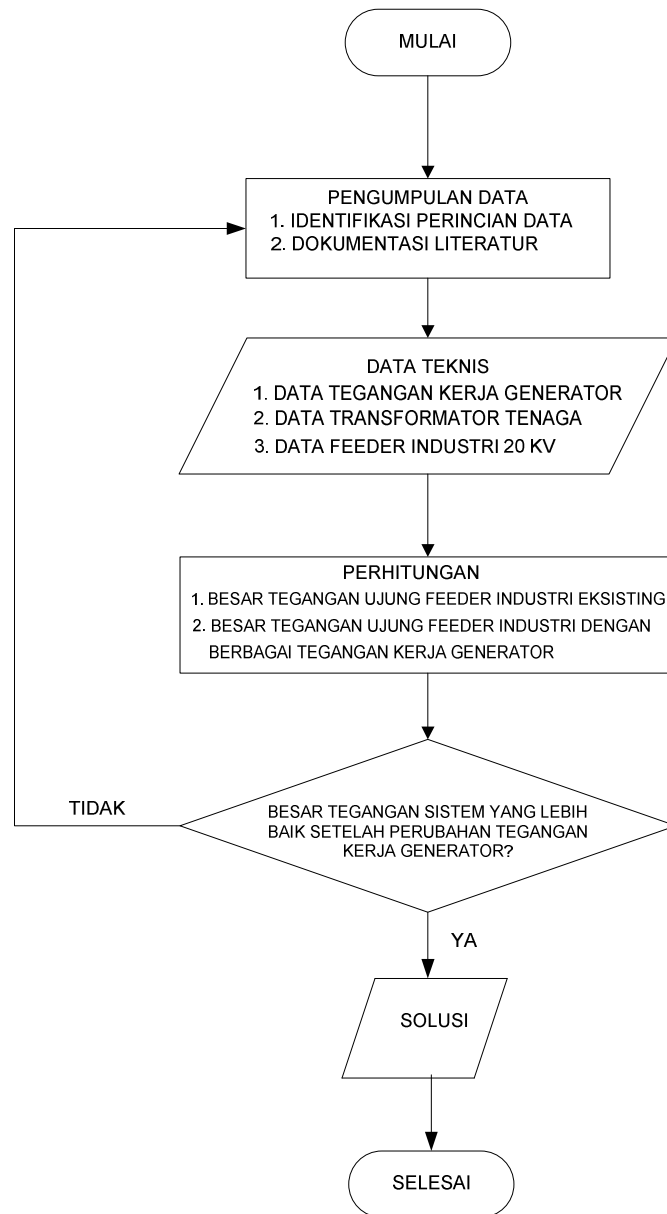
$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta) \dots\dots\dots (8)$$

Maka untuk saluran distribusi primer, perhitungan besar drop tegangan pada saluran distribusi primer untuk sistem tiga fasa adalah:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times (R \cos \theta + X \sin \theta) \dots\dots\dots (9)$$

Besar persentase drop tegangan pada saluran distribusi primer dapat dihitung dengan:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{LL}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$



Gambar 2. Flowchart penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Arus pada setiap gardu distribusi

Perhitungan arus pada sisi primer trafo distribusi pada kondisi beban puncak dimaksudkan untuk perhitungan awal drop tegangan.

$$\begin{aligned}
 &\text{Arus (I) L 208} \\
 I &= \frac{P}{\sqrt{3} \times V_{LL}} \\
 &= \frac{48,14 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 19,56 \text{ kV}} \\
 &= 1,42 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Tegangan kerja Generator Sistem Luwuk sebelum dan sesudah perubahan.

No	Nama pusat listrik	Tegangan kerja generator sebelum perubahan (V)	Tegangan kerja generator setelah perubahan (V)
1	PLTM IPP Buminata 4	400	400
2	PLTM IPP Buminata 4.1	400	400
3	PLTM Hanga-Hanga	395	395
4	PLTD Krista Inti Persada (KIP)	385	390
5	PLTD Wahana Idea Cipta (WIC)	375	390
6	PLTD Sumberdaya SEWATAMA	400	400
7	PLTD Luwuk	380	390

Tabel 2. Arus beban puncak per gardu distribusi

No	Kode trafo/gardu	Data trafo kapasitas KVA		beban trafo (kVA)	pesentase beban	Arus sebelum perubahan (A)	Arus setelah perubahan (A)
		3 fasa	1 fasa				
1	L 22	100		100.92	100.92	2.979	2.928
2	L 23	100		70.196	70.196	2.072	2.037
3	L25	50		34.441	68.429	1.017	0.999
4	T 108	2000		1400.7	70.03	41.346	40.639
5	L 39	50		36.403	72.805	1.075	1.056
6	L 46	100		43.458	43.458	1.283	1.261
7	L 51	100		65.521	65.52	1.934	1.901
8	L 79	25		5.48	21.922	0.162	0.159
9	L 80	160		16.566	10.354	0.489	0.481
10	L 96	50		28.555	57.11	0.843	0.828
11	L 106	200		76.618	38.309	2.262	2.223
12	L 107	25		3.116	12.465	0.092	0.090
13	L 108	25		16.131	64.522	0.476	0.468
14	L 127	50		33.351	66.701	0.984	0.968
15	L 138	50		29.645	59.29	0.875	0.860
16	L 140	50		32.053	64.106	0.946	0.930
17	L 147	100		12.688	12.687	0.375	0.368
18	L 164	200		3.744	1.872	0.111	0.109
19	L 173	100		12.496	12.496	0.369	0.363
20	L 191	50		26.445	52.89	0.781	0.767
21	L 176	50		35.967	71.933	1.062	1.044
22	L 208	100		48.144	48.144	1.421	1.397
23	l 137	100		91.85	91.85	2.711	2.665
24	L 31	100		72.75	72.75	2.147	2.111
25	L 58	160		133.1	83.1875	3.929	3.862
26	L 178	25		15	60	0.443	0.435
27	T 104	50		4.9	9.8	0.145	0.142
Total				2450.238		72.326	71.090

Tabel 3. Hasil perhitungan drop tegangan per gardu distribusi feeder industry sebelum dilakukan perubahan tegangan kerja generator.

No	Titik Drop Tegangan	Jarak (M)	Arus	ΔV	% ΔV	V
1	Tiang pertama	50	72.33	1.428	0.007	19558.57
2	gardu L 178	500	72.33	20.689	0.106	19539.31
3	C1	330	71.89	33.325	0.170	19526.68
4	gardu L 173	50	0.37	33.357	0.171	19526.64

5	gardu L 208	1350	1.42	34.378	0.176	19525.62
6	C2	3300	70.10	252.946	1.293	19307.05
7	gardu T 108	30	41.35	255.072	1.304	19304.93
8	C3	350	28.75	264.580	1.353	19295.42
9	gardu L31	50	2.15	264.681	1.353	19295.32
10	gardu L 137	350	2.71	265.577	1.358	19294.42
11	gardu L 58	250	3.93	266.506	1.363	19293.49
12	gardu L 22	460	2.98	267.801	1.369	19292.20
13	gardu L 127	350	0.98	268.125	1.371	19291.88
14	gardu L 51	80	1.93	268.271	1.372	19291.73
15	C4	640	14.07	276.779	1.415	19283.22
16	gardu L 80	260	0.49	276.997	1.416	19283.00
17	gardu L 176	30	1.06	277.027	1.416	19282.97
18	gardu T 104	400	0.14	277.123	1.417	19282.88
19	gardu L 23	560	2.07	278.218	1.422	19281.78
20	gardu L 79	300	0.16	278.264	1.423	19281.74
21	gardu L 106	370	2.26	279.054	1.427	19280.95
22	gardu L 147	220	0.37	279.131	1.427	19280.87
23	gardu L 140	400	0.95	279.490	1.429	19280.51
24	gardu L 46	100	1.28	279.611	1.430	19280.39
25	gardu L 138	240	0.88	279.810	1.431	19280.19
26	gardu L 25	280	1.02	280.080	1.432	19279.92
27	gardu L 191	275	0.78	280.283	1.433	19279.72
28	gardu L 107	165	0.09	280.297	1.433	19279.70
29	gardu L 108	1110	0.48	280.800	1.436	19279.20
30	gardu L 164	330	0.11	280.835	1.436	19279.17
31	gardu L 39	500	1.07	281.340	1.438	19278.66
32	gardu L 96	650	0.84	281.856	1.441	19278.14

Tabel 4. Hasil perhitungan drop tegangan per gardu distribusi feeder industri setelah dilakukan perubahan tegangan kerja generator

No	Titik Drop Tegangan	Jarak (M)	Arus	ΔV	% ΔV	V
1	Tiang pertama	50	71.09	1.403	0.007	19898.597
2	gardu L 178	500	71.09	20.335	0.102	19879.665
3	C1	330	70.65	32.752	0.165	19867.248
4	gardu L 173	50	0.36	32.783	0.165	19867.217
5	gardu L 208	1350	1.42	33.804	0.170	19866.196
6	C2	3300	68.89	248.600	1.249	19651.400
7	gardu T 108	30	40.64	250.690	1.260	19649.310
8	C3	350	28.25	260.032	1.307	19639.968
9	gardu L31	50	2.11	260.131	1.307	19639.869
10	gardu L 137	350	2.66	261.011	1.312	19638.989
11	gardu L 58	250	3.86	261.923	1.316	19638.077
12	gardu L 22	460	2.93	263.196	1.323	19636.804
13	gardu L 127	350	0.97	263.517	1.324	19636.483
14	gardu L 51	80	1.90	263.661	1.325	19636.339
15	C4	640	13.82	272.017	1.367	19627.983
16	gardu L 80	260	0.48	272.231	1.368	19627.769
17	gardu L 176	30	1.04	272.261	1.368	19627.739
18	gardu T 104	400	0.14	272.357	1.369	19627.643
19	gardu L 23	560	2.04	273.436	1.374	19626.564
20	gardu L 79	300	0.16	273.481	1.374	19626.519

21	gardu L 106	370	2.22	274.258	1.378	19625.742
22	gardu L 147	220	0.37	274.334	1.379	19625.666
23	gardu L 140	400	0.93	274.686	1.380	19625.314
24	gardu L 46	100	1.26	274.805	1.381	19625.195
25	gardu L 138	240	0.86	275.000	1.382	19625.000
26	gardu L 25	280	1.00	275.265	1.383	19624.735
27	gardu L 191	275	0.77	275.465	1.384	19624.535
28	gardu L 107	165	0.09	275.479	1.384	19624.521
29	gardu L 108	1110	0.47	275.972	1.387	19624.028
30	gardu L 164	330	0.11	276.006	1.387	19623.994
31	gardu L 39	500	1.06	276.507	1.389	19623.493
32	gardu L 96	650	0.83	277.016	1.392	19622.98

Nilai tegangan output generator sangat mempengaruhi besar tegangan pada saluran distribusi JTM, terukur besar tegangan sebelum dilakukan perubahan tegangan output generator yaitu antara 375-400 Volt dan di sisi Busbar terukur 19.56 kV dan sesudah dinaikkan ke range 390-400 Volt terukur sebesar 19.90 kV. Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa besar drop tegangan sepanjang feeder industri sebelum tegangan generator dinaikkan yaitu sebesar 281,856 Volt atau jika dijadikan persen sebesar 1,441% tetapi ketika tegangan output generator dinaikkan drop tegangan di feeder industri mengalami penurunan yaitu sebesar 277,016 Volt atau jika dijadikan persen sebesar 1,392%. Dari hasil perhitungan dapat dianalisa terjadinya drop tegangan pada JTM antara lain dipengaruhi oleh besar tegangan output generator, panjang saluran, jenis dan luas penampang kabel yang digunakan.

Untuk batas toleransi drop tegangan yang diperbolehkan pada JTM adalah 5% dari tegangan kerja untuk sistem radial, untuk feeder industri masih memenuhi standar yaitu 1,441% sebelum dilakukan perubahan output generator dan 1,392% setelah dilakukan perubahan tegangan output generator namun angka ini akan lebih besar jika diambil standar 20 kV yaitu sebesar 3,6% sebelum dilakukan perubahan tegangan output generator dan 1,88% setelah dilakukan perubahan tegangan output generator. Dari hasil simulasi di ETAP dapat kita lihat bahwa sebelum dilakukan perubahan tegangan output generator yaitu antara 375-400 Volt terlihat di sisi Busbar pada gambar 27 terukur 19.56 kV dan sesudah tegangan output dinaikkan ke range 390-400 Volt pada gambar 29 terukur sebesar 19.91 kV, tentunya ini sangat bagus dalam sisi kualitas tegangan yang akan di salurkan pada jaringan distribusi.

Pada sisi penyaluran dapat kita lihat bahwa sebelum tegangan output dinaikkan tegangan system yang ada di pangkal penyulang sebesar 19.56 kV dan tegangan yang ada di ujung penyulang sebesar 19.29 kV, terjadi drop tegangan sebesar 710 Volt dari tegangan pangkal atau sebesar 3,55% dari tegangan normal 20 kV. dan setelah tegangan output generator dinaikkan tegangan pangkal penyulang berubah menjadi 19.90 kV dan tegangan yang ada di ujung penyulang sebesar 19.63 kV, terjadi drop tegangan sebesar 270 Volt atau sebesar 1,35% dari tegangan normal 20 kV.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisis, penulis dapat memberikan kesimpulan bahwa:

1. drop tegangan sepanjang feeder industri sebelum tegangan generator dinaikkan yaitu sebesar 281,856 Volt atau jika dijadikan persen sebesar 1,441% tetapi ketika tegangan output generator dinaikkan drop tegangan di feeder industri mengalami penurunan yaitu sebesar 277,016 Volt atau jika dijadikan persen sebesar 1,392%.
2. Untuk feeder industri masih memenuhi standar yaitu 1,441% sebelum dilakukan perubahan output generator dan 1,392% setelah dilakukan perubahan tegangan output generator dalam ketentuan SPLN No.72 tahun 1987 yakni 5% namun angka ini akan lebih besar jika diambil standar 20 kV

yaitu nilai drop tegangan akan menjadi sebesar 3,6% sebelum dilakukan perubahan tegangan output generator dan 1,88% setelah dilakukan perubahan tegangan output generator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isla Juniarti, Suherman Yunus. 2010 “Evaluasi Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah Feeder Bojo PT.PLN(Persero)” Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [2] Suhadi Dkk.”Teknik Distribusi Tenaga Listrik”. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- [3] E.Lakervi, EJ.Holmes “Electricity distribution network design”. Jakarta: Garamound..
- [4] PT.PLN(Persero) Udiklat Suralaya. 2017. “Pemeliharaan Generator”. Bahan Ajar.
- [5] Agustinus Sampeallo, Wellem F Galla. 2013. Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo PT.PLN Persero Rayon Kupang)’ Jurnal teknik Elektro Universitas Nusa Cendana. Volume 1, No 3:April 2013.
- [6] Agung Nugroho, 2016 “Analisis JAtuh Tegangan dan Rugi Daya Pada Jaringan Tegangan Rendah Menggunakan Software ETAP 12.6” Jurnal teknik Elektro Undip, Volume 14 No.1 April 2016.