Jurnal Teknik Elektro
Vol.12 No.2 Tahun 2022
p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG SINGKARAK GI BORANG MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP

Indrawasih[1] , Nurhaida[2] , Indah Susanti[3], Dhevia Maharani[4]

Dosen Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya[1,2,3]
Mahasiswa Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya[4]
[1]indrawasihsutansarimudo@gmail.com*
t.nurhaida6@gmail.com
indah.susanti@polsri.ac.id

ABSTRAK

Besarntya nilai jauh *tegangan* telah diatur pada SPLNT6.001:2013, tegangan pada terminal pasok perbedaannya tidak boleh lebih besar ± 10% dari tegangan nominal sistem. Penyelidikan nilai jatuh tegangan dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data terkait yang dibutuhkan lalu melakukan perhitungan secara manual menggunakan persamaan dan hasilnya dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan software ETAP 19.0.1. Nilai jatuh tegangan pada ujung penyulang singkarak menggunakan perhitungan yaitu 990,07 V atau sebesar 4,87% pada saat beban puncak siang dan 1.210,09 V atau sebesar 6,05% pada saat beban puncak malam, sedangkan hasil simulasi ETAP 19.0.1 nilai jatuh tegangan sebesar 1.030 V atau sebesar 5,07 %. Nilai jatuh tegangan pada penyulang singkarak masih dalam batas SPLN T6.001: 2013.

***Kata kunci** : Jatuh Tegangan, Beban Puncak, ElectricTransientAnalysisProgram (ETAP)*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem distribusi tenaga listrik bertujuan untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber energi listrik yang besar sampai ke pelanggan. Distribusi tenaga listrik melalui proses yang sangat panjang. Proses pendistribusian tenaga listrik menggunakan suatu penghantar yang setiap penghantar memiliki nilai impedansi yang berbeda beda sesuai jenis penghantar. Nilai impedansi ini dipengaruhi oleh nilai tahanan atau resistansi dan reaktansi dari penghantar. Impedansi akan menyebabkan *losses* atau rugi rugi. Rugi rugi atau *losses* inilah yang akan menyebabkan selisih tegangan pada sisi kirim dan sisi terima atau dikenal dengan jatuh tegangan.

Jatuh tegangan juga dipengaruhi oleh panjangnya penghantar dan arus yang mengalir pada penghantar. Besarnya arus dikarenakan besarnya beban yang digunakan, semakin besar beban maka semakin besar juga arus yang akan mengalir terutama pada saat beban puncak, arus akan meningkat yang menyebabkan besarnya nilai jatuh tegangan pada saluran distribusi. Besarnya nilai jatuh tegangan telah diatur pada SPLNT6.001:2013. Dengan memperhatikan julat tegangan pasok, pada kondisi pelayanan normal direkomendasikan bahwa tegangan pada terminal pasok perbedaannya tidak boleh lebih besar ± 10% dari tegangan nominal sistem. Apabila jatuh tegangan melebihi standar yang ditentukan maka mutu penyaluran distribusi tersebut rendah maka itu perlu dilakukan penyelidikan untuk mengetahui nilai jatuh tegangan pada suatu saluran distribusi.

Besarnya nilai jatuh tegangan didapatkan dari perhitungan secara manual menggunakan persamaan dan juga bisa menggunakan software ETAP 19.0.1. software ini bisa membuat model rangkaian saluran distribusi secara ril sesuai dengan data dilapangan dan dapat mengetahui besarnyanilai

jatuh tegangan yang terjadi. Cara menghitung nilai resistansi dan reaktansi saluran distribusi dan dipengaruhi oleh panjangnya saluran serta besarnya arus yang digunakan pada saat beban puncak siang dan pada saat beban puncak malam. Selain itu, akan dilakukan simulasi pada software ETAP 19.0.1 untuk melihat perbandingan hasil perhitungan dengan hasil simulasi menggunakan software. Penyelidikan ini dilakukan pada jaringan distribusi 20 kV Penyulang Singkarak Gardu Induk Borang PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Kenten.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui seberapa besar arus yang dihasilkan saat pembebanan pada waktu beban puncak siang dan pada waktu beban puncak malam.
2. Untuk mengetahui seberapa besar jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Singkarak.
3. Untuk mengetahui apakah besar jatuh tegangan pada Penyulang Singkarak masih sesuai standar (SPLNT6.001:2013).

1.3. Manfaat

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui seberapa besar arus yang dihasilkan saat pembebanan pada waktu beban puncak siang dan pada waktu beban puncak malam.
2. Dapat mengetahui seberapa besar jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang Singkarak.
3. Dapat mengetahui apakah besar jatuh tegangan pada Penyulang Singkarak masih sesuai standar (SPLNT6.001:2013).

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Proses mengetahui besarnya arus pada beban puncak siang dan beban puncak malam.
2. Proses mengetahui besarnya jatuh tegangan yang terjadi di penyulang Singkarak dengan cara perhitungan dan simulasi ETAP 19.0.1..

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi dan metode kuantitatif. Metode observasi dilakukan bertujuan untuk mengamati objek yang diteliti agar mengetahui kondisi yang terjadi, sedangkan metode penelitian dengan data berupa angka-angka dan analisis statistik merupakan metode kuantitatif. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil pengukuran yang didapatkan dari PT PLN (Persero) ULP Kenten yang beralamat di Jl. Perumnas Raya, Suka Maju, Kec. Sako, Kota Palembang, Sumatera Selatan, mulai dari bulan Febuari -Juli 2022.

2.1. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan untuk menyelidiki nilai jatuh tegangan pada saluran distribusi ini hanya berupa data, antara lain:

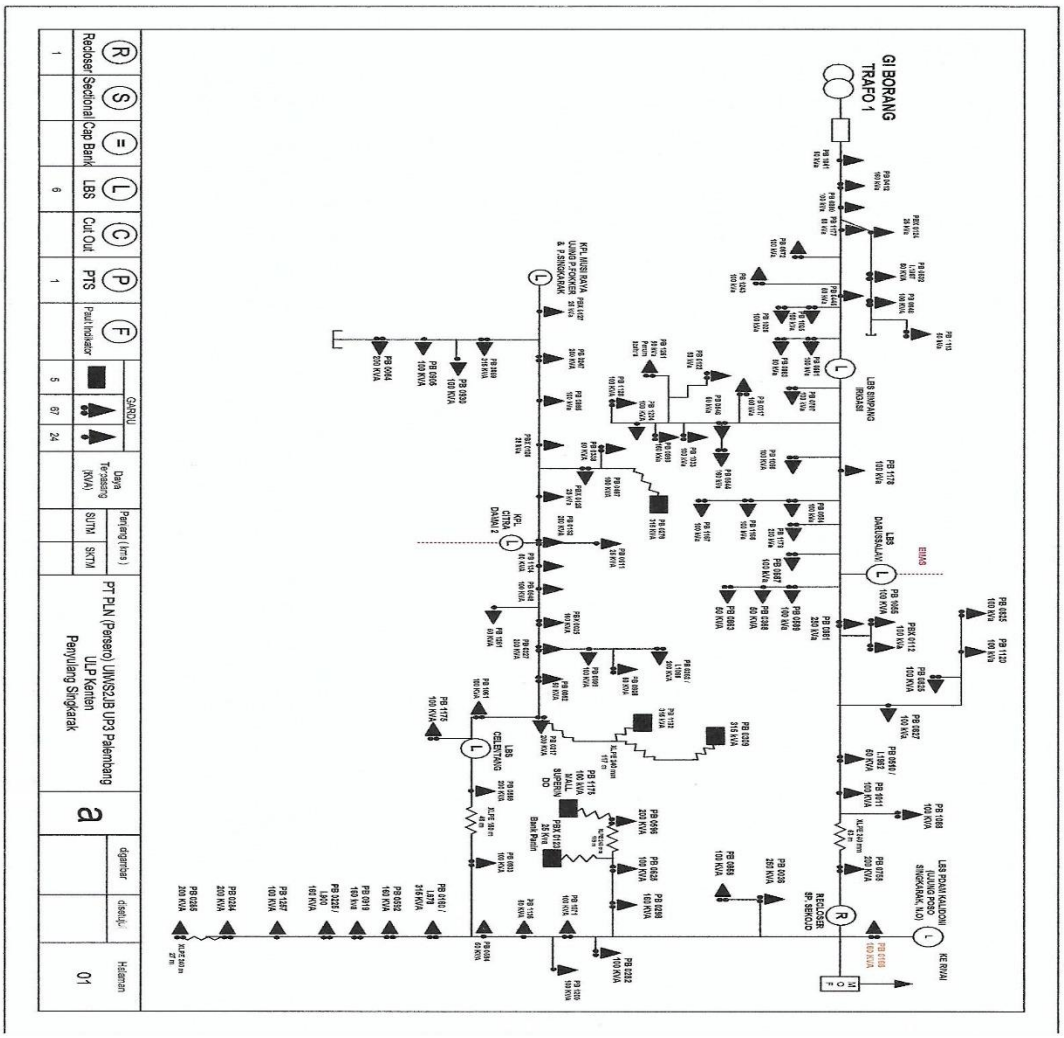
a. Kapasitas dan tegangan transformator tenaga; Data kapasitas transformator tenaga digunakan untuk mengetahui berapa tegangan dan kapasitas transformator yang digunakan pada gardu induk yang mensuplai ke penyulang.
b. Single line diagram penyulang Singkarak; Single line diagram penyulang singkarak berisi informasi komponen komponen listrik yang terpasang seperti gardu induk, penghantar yang digunakan, dan jumlah gardu distribusi.
c. Jenis dan ukuran penghantar yang digunakan data mengenai jenis dan ukuran penghantar digunakan untuk mengetahui besar tahanan dari suatu penghantar.
d. Data panjang penghantar Data panjang penghantar digunakan untuk perhitungan mengenai jatuh tegangan pada saluran distribusi.

e. Data resistansi penghantar pada saat kondisi operasi kerja.
f. Data beban puncak pada bulan April Data beban puncak berisi besarnya arus pada saat beban puncak siang dan pada saat beban puncak malam di bulan April 2022
g. Data kapasitas dan beban pada transformator Data kapasitas dan beban pada transformator ini akan digunakan pada aplikasi ETAP 19.0.1.
h. Jarak antar konduktor Informasi mengenai jarak antar konduktor ini akan digunakan pada aplikasi ETAP 19.0.1.

2.2. Data Penyulang Singkarak

Penyulang Singkarak ialah salah satu penyulang Gardu induk Borang yang disuplai oleh trafo 150/20 kV berkapasitas 30 MVA. Total panjang Penyulang Singkarak sepanjang 31,882 km dan memiliki total gardu sebanyak 96 gardu. Untuk mengetahui nilai jatuh tegangan sepanjang jaringan distribusi pada penyulang singkarak diperlukan data-data seperti berikut ini: Diagram satu garis Penyulang Singkarak, Data jenis dan panjang penghantar, Data resistansi penghantar, Data arus beban yang digunakan pada beban puncak siang dan beban puncak malam, Data beban.

2.3. SLD Penyulang Singkarak



Gambar 1. SLD Penyulang Singkarak

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

2.4. Penghantar yang digunakan pada PenyulangSingkarak

Penyulang Singkarak menggunakan penghantar saluran udara tegangan menengah (SUTM). Masing – masing panjang dari jenis kabel tersebut dapat dilihat pada tabel :

Tabel 1. Jenis Penghantar dan Panjang Penghantar pada Penyulang Singkarak

Jenis penghantar	Ukuran Penampang Konduktor(mm^2)	Panjang Penghantar (m)
AAAC	70	2.187
	150	10.694
AAACS	150	17.456
XLPE	150	49
	240	1.496
TOTAL		31.882

Tabel 2. Data Resistansi Penghantar yang Digunakan

Jenis penghantar	Ø (mm^2)	Rt_1 (Ω/km) 20^0C
AAAC	70	0,438
	150	0,210
AAACS	150	0,210
XLPE	150	0,206
	240	0,125

Tabel 3. Data arus saat beban puncak siang dan malam

Nama Penyulang	Panjang Saluran (km)	Beban Puncak					
		Siang			Malam		
		Arus (A)	Tegangan (kV)	Daya (MW)	Arus (A)	Tegangan (KV)	Daya (MW)
Singkarak	31,882	45	20,3	1,39	55	20	1,74

3. ANALISA dan PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Penyulang Singkarak ialah salah satu penyulang Gardu induk Borang yang disuplai oleh trafo 150/20 kV berkapasitas 30 MVA. Total panjang Penyulang Singkarak sepanjang 31,882 km dan memiliki total gardu sebanyak 96 gardu. Untuk mengetahui nilai jatuh tegangan sepanjang jaringan distribusi pada penyulang singkarak dilakukan berdasarakan data-data yang ada. Penyulang Singkarak menggunakan penghantar saluran udara tegangan menengah (SUTM) jenis AAAC dengan ukuran 70 dan 150 mm^2, AAACS dengan ukuran 150 mm^2, dan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) ukuran 150 mm^2 dan 240 mm^2. Masing – masing panjang dari jenis kabel tersebut dapat dilihat pada table. Untuk menghitung jumlah arus percabangan menggunakan persamaan sesuai hukum kirchoff .

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

sebagai contoh, Arus keluar (I_2) pada sisi primer PB 0930 sebesar 1,04 A , arus keluar (I_3) pada sisi primer PB 0905 sebesar 4,8 A. maka arus masuk (I_1) sebesar :1,04A + 4,8 A =5,84 A Adapun perhitungan nilai Rt2 pada temperatur kerja 75º C dapat dilihat dibawah ini, nilai Rt2 pada temperatur operasi kerja ditentukan .

Tabel 4. Perhitungan Nilai Resistansi pada Temperatur Operasi(Rt_2)

Jenis penghantar	**Ø (mm^2)**	**Rt_1 (Ω/km) 20ºC**	**Rt_2 (Ω/km) 75ºC**
AAAC	70	0,438	0,535
	150	0,210	0,257
AAACS	150	0,210	0,257
XLPE	150	0,206	0,252
	240	0,125	0,153

Hasil perhitungan Nilai Reaktansi Induktif untuk kabel XLPE (Al) 150mm^2 adalah pada table berikut :
Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Reaktansi Induktif

Jenis penghantar	**Ø (mm^2)**	**X (Ω/km)**
AAAC	70	0,351
	150	0,327
AAACS	150	0,327
XLPE	150	0,105
	240	0,098

Perhitungan jatuh tegangan pada saat beban puncak siang dan malam adalah Total Jatuh tegangan dan persentase pada saat beban puncak siang adalah:

ΔV = (109,20 + 326,21 + 532,48 + 1,03 + 21,17) V

ΔV = 990,07V

$\%\Delta V$ = $\frac{990,07}{20300}$ x 100 = 4,87 %

Total Jatuh tegangan dan persentase pada saat beban puncak malam adalah:

ΔV = (133,46+398,70+650,80 + 1,26+ 25,87) V

ΔV = 1210,09 V $\%\Delta V$ = $\frac{1210,09}{20000}$ x 100 = 6,05 %

Setelah dilakukannya perhitungan menggunakan persamaan, selanjutnya dilakukan perhitungan jatuh tegangan menggunakan software ETAP 19.0.1 dengan cara membuat *single line diagram* dan memasukkan data yang dibutuhkan, lalu menjalankan simulasi *load flow* dengan cara mengelik *Load flow analysis* dan *Run load flow*

Tegangan sumber (Vs) dari sisi sekunder Gardu Induk Borang pada simulasi ETAP 19.0.1 senilai 20,29 kV atau 20.290 V.
Tegangan pada sisi primer gardu distribusi yang paling jatuh pada simulasi ETAP 19.0.1 terdapat pada sisi primer gardu PB 0930 sebesar 19.260 V.

Jatuh tegangan dengan simulasi ETAP 19.0.1

p-ISSN : 2089-2950
e-ISSN : 2715-565X

ΔV = (20.290 – 19.260) V
ΔV = 1.030 V

Persentase drop tegangan dengan simulasi ETAP 19.0.1
$\%\Delta V$ = $\frac{1.030}{20.290}$ x 100 = 5,07 %

Berikut ini ialah tabel hasil perhitungan nilai jatuh tegangan menggunakan persamaan dan menggunakan ETAP 19.0.1.

Tabel 6. Hasil perhitungan dan simulasi aplikasi ETAP 19.0.1

NO	Cara Mencari Data	Jatuh tegangan	
		ΔV (V)	%
1	Perhitungan		
	Beban Puncak Siang	990,07	4,87
	Beban Puncak Malam	1210,09	6,05
2	ETAP 19.0.1	1.030	5,07

3.2. Pembahasan

Setelah dilakukannya perhitungan jatuh tegangan menggunakan persamaan dan juga menggunakan simulasi pada aplikasi ETAP 19.0.1 pada penyulang singkarak Gardu Induk Borang Unit Layanan Pelanggan Kenten diperoleh hasil sebagai berikut :

Pada Tabel 2. didapatkan hasil nilai jatuh tegangan dan persentase jatuh tegangan dari perhitungan menggunakan persamaan dan simulasi ETAP 19.0.1. Jatuh tegangan dari hasil perhitungan dibedakan menjadi dua yaitu menggunakan data arus pada saat beban puncak siang dan data arus pada saat beban puncak malam. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan dan seberapa besar perbedaan jatuh tegangan pada kedua nya. Setelah dilakukan perhitungan terdapat perbedaan yaitu arus yang dihasilkan pada saat beban puncak siang sebesar 45 A dan jatuh tegangan didapatkan sebesar 990,07 V atau jika dipersentasekan sebesar 4,87% sedangkan pada saat beban puncak malam arus yang dihasilkan sebesar 55 A dan jatuh tegangan didapatkan 1.210,09 V atau jika dipersentasekan sebesar 6,05%. Perbedaan ini dikarenakan arus pada saat beban puncak malam lebih besar dibanding arus pada saat beban puncak siang. Perhitungan untuk nilai jatuh tegangan secara manual diasumsikan bahwa beban terletak diujung penyulang. Sedangkan hasil jatuh tegangan menggunakan software ETAP 19.0.1 dengan *load flow analysis* tegangan primer paling ujung penyulang yaitu pada gardu PB 0390 sebesar 19.260 V dan jatuh tegangannya sebesar 1.030 V atau jika dipersentasikan sebesar 5,07 %. Setelah dilakukannya perhitungan dengan manual dan menggunakan software ETAP 19.0.1. nilai jatuh tegangan pada penyulang singkarak masih dalam batas standar. Besarnya nilai jatuhtegangan sangat dipengaruhi oleh nilai Arus terlebih pada saat beban puncak, semakin besar arus maka semakin besar pula nilai jatuh tegangan yang akan terjadi. Selain itu jatuh tegangan juga dipengaruhi oleh panjang saluran dan jenis saluran yang digunakan karena tiap jenis saluran memiliki nilai impedansi yang berbeda beda yang akan menghasilkan rugi rugi pada saluran penghantar.

Perbedaan selisih nilai jatuh tegangan menggunakan software ETAP dengan perhitungan secara manual bisa terjadi karena pada perhitungan secara manual beban diasumsikan berada diujung penyulang sedangkan jika menggunakan software ETAP beban yang digunakan sesuai *sigle line diagram* yang ada dilapangan. Selain itu pada perhitungan manual biasanya hanya menghitung dengan pembulatan

dua desimal sedangkan ETAP merupakan aplikasi hitung yang telah terprogram yang bisa menghitung lebih dari dua desimal maka dari itu perhitungan menggunakan ETAP dinilai lebih presisi dibanding perhitungan secara manual. Namun jika dibandingkan hasil secara perhitungan manual dengan ETAP terdapat perbedaan hasil yang sangat kecil tetapi perhitungan manual membutuhkan waktu yang sangat lama dan kurang efisien disbanding menggunakan ETAP.

4. PENUTUP

Setelah dilakukannya pembahasan, perhitungan dan simulasi menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1 tentang jatuh tegangan penyulang singkarak, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Arus yang dihasilkan saat pembebanan pada waktu beban puncak siang ialah 45A dan pada waktu beban puncak malam sebesar 55A.Besarnya jatuh tegangan pada ujung penyulang singkarak menggunakan perhitungan yaitu 990,07 V pada saat beban puncak siang dan 1.210,09 V pada saat beban puncak malam, sedangkan menurut hasil simulasi ETAP 19.0.1 nilai jatuh tegangan penyulang singkarak sebesar 1.030 V.
2. Persentase jatuh tegangan sesuai perhitungan sebesar 4,87% pada saat beban puncak siang dan 6,05% pada saat beban puncak malam untuk persentase jatuh tegangan menurut simulasi ETAP 19.0.1 didapatkan sebesar 5,07 % maka jatuh tegangan pada penyulang singkarak masih dalam batas SPLN T6.001: 2013 dimana tegangan pada terminal pasok perbedaannya tidak boleh lebih besar ± 10% dari tegangan nominal sistem.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kadir, Abdul. (2000). ***Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik***. Jakarta: UI Press.Hal. 5

[2] Suhadi, dkk. (2008). ***Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1***. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional. Hlm 11

[4] Syufrijal. (2014*).* ***Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Semester 1***. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar Menengah dan Kebudayaan Republik Indonesia. Hlm 41

[5] Syufrijal. (2014**).** ***Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Semester 1***. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar Menengah dan Kebudayaan Republik Indonesia. Hlm 54

[6] Eirene Patoding,Hestikah.(2019).***Buku Ajar Energi dan Operasi Tenaga Listrik dengan Aplikasi ETAP***.Yogyakarta:CV Budi Utama.

[7] Jasa Pendidikan dan Pelatihan, 01.**Sistem *Distribusi Tenaga Listrik. PT PLN*** (Persero). Hlm 1

[8] Jasa Pendidikan dan Pelatihan, *09.***Sistem Distribusi Tenaga Listrik. *PT PLN*** (Persero). Hlm 2

[9] PT PLN (Persero). (2010). ***Kriteria Desain Enjineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Edisi 1***. Jakarta : PT PLN (Persero). Bab 4 hal 3

[10] Eksan Esmaul, Didik.***Analisa Pembebanan Transformator di PT Indoprima Gemilang Surabaya.:***Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

[11] Fauzan,Muhammad.(2021).*Sekilas* ***Tentang Software ETAP Beserta Tollbarnya***. diakses pada 24 febuari 2022 pukul 10:27 WIB, dari https://www.anakteknik.co.id/fauzan_triyanto02/articles/sekilas-tentang-software-etap-beserta-tollbarnya