

## Analisis Jatuh Tegangan pada Sistem Kelistrikan 150 kV Sulselrabar Menggunakan Digsilent Powerfactory 15

Makmur Saini<sup>1\*</sup>, Muh. Yusuf Yunus<sup>2</sup>, Risal Akbar<sup>3</sup> dan Muh. Yassir<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia  
\*makmur.saini@poliupg.ac.id

**Abstract:** *The nominal voltage that exists in each bus in an interconnection line is usually different. But the nominal maximum and minimum voltage have been set at a certain percentage limit. This study aims to look at the nominal stresses in the interconnection channel in South Sulawesi. Furthermore, it is also to show the point with the biggest voltage drop value so that it can become a major concern by electricity service provider companies. This test was carried out using digsilent power factory 15 software. The results were compared with manual calculations and log data from the State Electric Company in 2016. By testing using Digsilent Power factory, nine buses with nominal 150 kV massing were found, namely Bontoala, Panakukang, Tello, Old Tello, Mandai, Kima, Pangkep, Mamuju and Palopo, where the lowest conditions are on the Bontoalla bus with a difference of 5.7 percent of the nominal voltage value*

**Keywords:** *Digsilent Power Factory; Sulselrabar; Voltage drop*

**Abstrak:** Nominal tegangan yang ada dalam tiap bus dalam sebuah saluran interkoneksi biasanya berbeda-beda. Namun nominal maksimal dan minimal tegangan telah diatur pada batas perentase tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk melihat nominal tegangan-tegangan yang berada dalam saluran interkoneksi Sulselrabar. Disamping itu juga untuk menunjukkan titik dengan nilai jatuh tegangan terbesar agar dapat menjadi perhatian utama oleh perusahaan penyedia jasa kelistrikan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan software Digsilent power factory 15. Hasilnya dibandingkan dengan perhitungan manual dan juga data log dari Perusahaan Listrik Negara padatahun 2016. Dengan pengujian menggunakan Digsilent Power factory didapat sembilan bus yang beradadibawah nominal 150 kV massing masing yakni Bontoala, Panakukang, Tello, Tello lama, Mandai, Kima, Pangkep, Mamuju dan Palopo, dimana kondisi paling rendah berada di bus Bontoalla dengan perbedaan sebesar 5.7 persen dari nilai tegangan nominalnya

**Kata kunci :** Jatuh tegangan; Digsilent Power Factory; Sulserabar

### I. PENDAHULUAN

Akibat pesatnya pertumbuhan pengguna listrik, perusahaan penyedia listrik dituntut untuk tetap menyediakan energi listrik yang berkualitas dengan nilai frekuensi dan tegangan yang konstan. Padahal penurunan nilai tegangan pada saat ditransmisikan dari unit pembangkit ke Gardu Induk (GI) tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, penurunan nilai tegangan atau yang biasa disebut sebagai peristiwa jatuh tegangan hanya dapat diminimalisir dengan nilai batas 5 sampai 10 persen pada jaringan transmisi.

Penghitungan nilai jatuh tegangan menggunakan software Digsilent Power factory. Software ini dapat mensimulasikan aliran daya Sulselbar dengan mudah dan cepat. Keadaan-keadaan tersebut menjadi dasar bagi peneliti untuk melakukan penelitian analisis jatuh tegangan pada sistem kelistrikan 150 kV Sulselrabar menggunakan *Digsilent Power factory 15* untuk melihat perbandingan antara data log milik PLN dan hasil simulasi.

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik hingga substation sehingga dapat disalurkan sampai kepengguna listrik [1]. Jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (*sending end*) dan tegangan pada ujung penerimaan (*receiving end*) tenaga listrik pada saluran bolak-balik, besarnya tergantung dari impedansi dan admitansi saluran serta pada beban dan faktor daya [2]. *Software Digital Simulation and Electrical Network Calculation Program (Digsilent)* adalah aplikasi kalkulasi untuk

simulasi dan analisis sistem daya yang mendukung dalam melakukan simulasi dan kalkulasi pada sistem distribusi, transmisi dan juga industri [3].

Adapun Jenis-jenis saluran dan analisis jatuh tegangan, diantaranya yaitu sebagai berikut:

- 1) Arus saluran pendek [4]

$$I_R = \frac{S_R}{\sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot \cos \phi} \dots\dots\dots (1)$$

- 2) Tegangan saluran pendek [4]

$$V_S = V_R + Z I_R \dots\dots\dots (2)$$

- 3) Arus saluran menengah [4]

$$I_S = Y \left( 1 + \frac{ZY}{4} \right) V_R + \left( 1 + \frac{ZY}{2} \right) I_R \dots\dots\dots (3)$$

- 4) Tegangan saluran menengah [4]

$$V_S = \left( 1 + \frac{ZY}{2} \right) V_R + Z I_R \dots\dots\dots (4)$$

- 5) Arus saluran Panjang [4]

$$I_S = Y' \left( 1 + \frac{ZY'}{4} \right) V_R + \left( 1 + \frac{ZY'}{2} \right) I_R \dots\dots\dots (5)$$

- 6) Tegangan saluran panjang

$$V_S = \left( 1 + \frac{ZY'}{2} \right) V_R + Z' I_R \dots\dots\dots (6)$$

- 7) Arus saluran panjang metode hiperbolik [5]

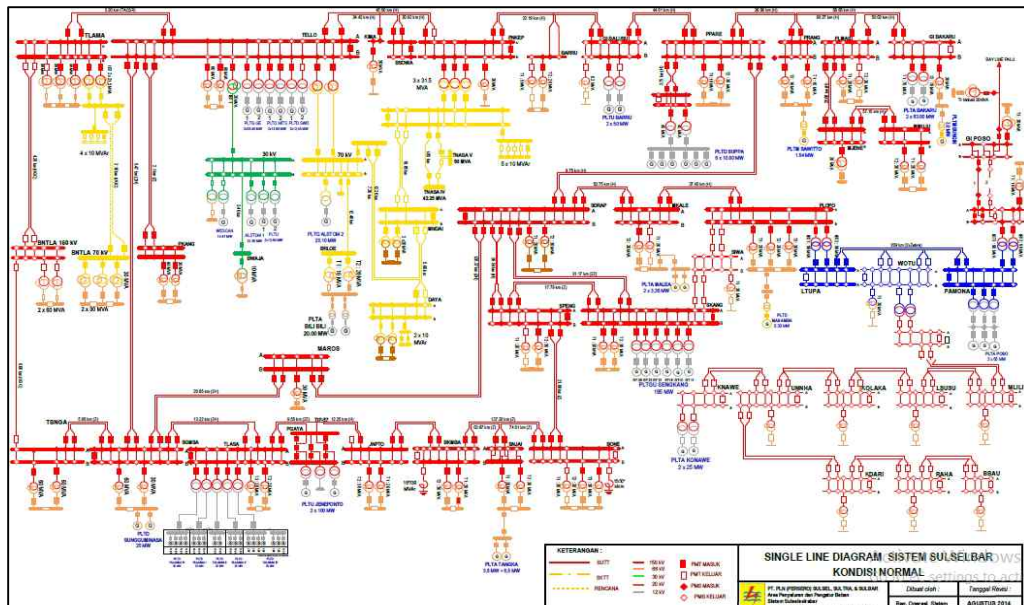
$$I(x) = \frac{1}{z_c} \sinh(\gamma x) V_R + \cosh(\gamma x) I_R \dots\dots\dots (7)$$

- 8) Tegangan saluran panjang metode hiperbolik [5]

$$V(x) = \cosh(\gamma x) V_R + Z_c \sinh(\gamma x) I_R \dots\dots\dots (8)$$

- 9) Analisis Jatuh tegangan relatif

$$\frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$



Gambar 1. Single line diagram saluran transmisi Sulselbar dalam kondisi normal

## II. METODE PENELITIAN

### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada sistem transmisi Sulselbar PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan Tenggara dan Barat (Sulselrabar) dengan pengerjaan analisisnya menggunakan *software* DigSilent dan di kerjakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Adapun waktu pengambilan data dalam penelitian ini, dimulai pada bulan Maret 2016.

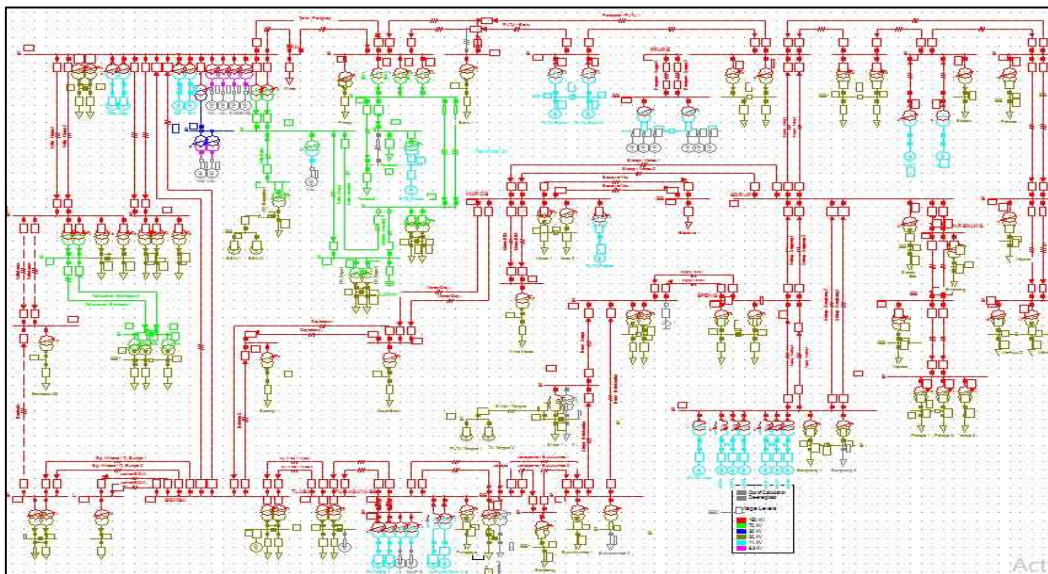
### B. Teknik Pengumpulan Data

Cara yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah:

- Wawancara, dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik penelitian ini.
- Metode pengumpulan data (dokumentasi), adalah metode yang dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang terkait dengan penelitian. Semua data tersebut diperoleh dari *softcopy database* PLN.
- Studi Literatur adalah penulis mengumpulkan data-data dengan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur yang ada sesuai dengan masalah yang diteliti.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi dengan menggunakan data kelistrikan yang didapat dari PT. PLN Persero seperti data single line, data pembangkit, data transformator, data saluran transmisi, data busbar, dan data beban, yang kemudian dimasukkan kedalam program Digsilent dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Simulasi dengan *Software Digsilent Power Factory 15*

Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan data pencatatan harian milik PLN yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Tegangan Log Milik PLN dan Hasil Simulasi

Bus	Teganganlog	TeganganSimulasi	Selisih
Bontoala	69	67.05	-1.95
Panakukang	149	149.08	0.08
Talasa	151	152.58	1.58
Sungguminasa	148	149.63	1.63
TanjungBunga	149	149.42	0.42
Bus	Teganganlog	TeganganSimulasi	Selisih
Tello	148	149.21	1.21
Tello lama	148	148.93	0.93
Borongloe	66	70.42	4.42
Daya	67	70.28	3.28
Mandai	68	68.57	0.57
Maros	151	149.75	-1.25
Kima	146	149	3
Pangkep	149	148.54	-0.46
Barru	151	149.93	-1.07
Parepare	151	151.72	0.72
Soppeng	155	152.47	-2.53
Sidrap	154	152.05	-1.95
Pinrang	151	152.1	1.1
Bakaru	156	154.67	-1.33
Polewali	156	151.71	-4.29
Majene	155	150.58	-4.42
Mamuju	155	148.49	-6.51
Sengkang	154	152.99	-1.01
Bone	152	152.14	0.14
Sinjai	150	152.72	2.72
Bulukumba	151	153.55	2.55
Jenepnto	151	154.57	3.57
Makale	157	152.46	-4.54
Palopo	156	153.36	-2.64
Tonasa	69.5	71.06	1.56
Bosowa	148.5	149.73	1.23

#### A. Saluran Pendek

Penghitungan saluran pendek digunakan data saluran Jenepono ke Bulukumba dengan data awal yakni :

R : 0.382  $\Omega$                       X : 0.0508  $\Omega$   
P : 19,99 MW                        Q : 11,25 MVAR  
Pf : 0.87                              TeganganJeneponto : 153.55 kV

$$I_R(\text{Arus pada bus penerima}) = \frac{22859 \angle 29,541}{\sqrt{3} \times 155,55 \cdot 0,87}$$

$$= 0,09288 \angle 29,541 \text{ kA}$$

$$V_s(\text{Tegangan pada bus penerima}) = V_R + Z \cdot I_R$$

$$= 88,652 + (6,8294 \angle 20,127) (0,0988 \angle 29,541)$$

$$= 154,3066 \text{ kV}$$

## B. Saluran Menengah

Penghitungan saluran menengah digunakan data saluran Majene ke Mamuju dengan data awal yakni :

Jarak: 114,30 Km	P: = 17,56 MW
R : 0,1486 $\Omega$	X : 0,0495 $\Omega$
V : 150,74 Kv	Q : -0,99 MVAR
PF : 1	Tegangan Majene: 148.49 kV

$$V_s(\text{Tegangan pada bus penerima}) = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) V_R + Z I_R$$

$$= 1,0013219 \angle 4,7 \times 10^{-3} \cdot 85,73074 + 55,837 \angle 5,82 \cdot 0,0676$$

$$= 155,191 \text{ kV}$$

## C. Saluran Panjang

Penghitungan saluran panjang digunakan data dari saluran Sidrap ke Maros dengan data saluran:

R : 0.0397 $\Omega$	S : 64.743 MVA
X : 0.0359 $\Omega$	jarak : 130 Km
P <sub>i</sub> : 0.90	Tegangan Sidrap : 149.75 Kv

$$V_s(\text{Tegangan pada bus penerima}) = \cosh \gamma l \cdot V_R + Z_C \sinh \gamma l \cdot I_R$$

$$= 1,00255 \angle 3,6 \times 10^{-3} \cdot 87,5702 + 6,95747 \angle 42,13 \cdot 0,274$$

$$= 89,21 \angle 0,82 \text{ kV}$$

Sementara untuk model hiperbolik dengan menggunakan data yang sama :

$$V_s(\text{Tegangan pada bus penerima}) = \cos \gamma l \cdot V_R + Z_c \sinh \gamma l \cdot I_R$$

$$= 1,003128 \angle 4,038 \times 10^{-3} \cdot 86,4582 + 62,55 \angle 3,3 \cdot 0,101228 \angle 0,4579 \cdot 0,277 \angle 5,842$$

$$= 153,241 \text{ kV}$$

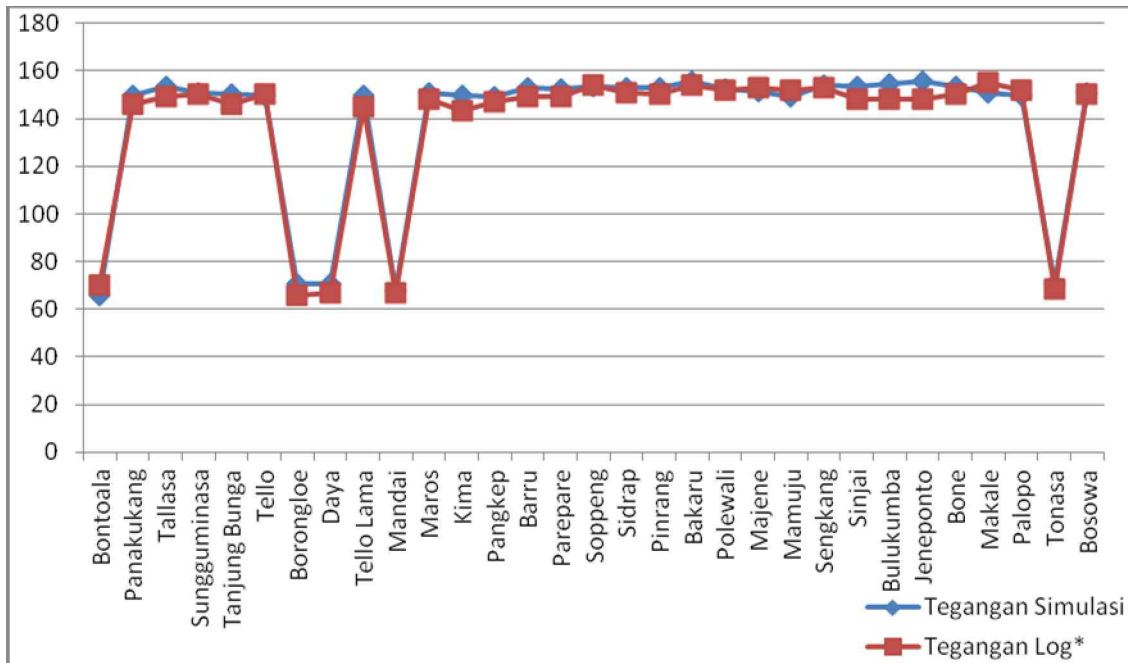
## C. Pembahasan

Perbandingan antara hasil simulasi dan data log PLN menunjukkan bahwa Bus yang memiliki nominal tegangan tertinggi berada pada bus Bakar dengan nilai tegangan 154.67 kV, lebih tinggi 1.33 kV dari data log PLN yang menunjukkan angka 156 kV atau memiliki selisih 0.88 Persen. Sebaliknya, nominal tegangan terendah berada pada bus Pangkep dengan nominal tegangan 148.54 yang berbeda 0.46 kV dari data yang ditunjukkan oleh log PLN atau memiliki selisih 0.306%, seperti yang terlihat pada gambar 1 dan tabel 2.

Sementara dari perhitungan manual yang dilakukan dengan empat jenis metode yakni saluran pendek, saluran menengah, saluran panjang dengan nominal  $\pi$  dan saluran panjang dengan fungsi hiperbolik, didapati hasil terdekat berada pada sample bus Jenepono dengan metode saluran pendek yang berselisih 0.26 kV. Namun berbeda jauh yakni sekitar 3.3066 kV jika dibandingkan dengan data log PLN.

Hasil simulasi Digsilent Power factory menunjukkan bahwa persentase jatuh tegangan yang terbesar terjadi pada saluran bus Daya 70 kV ke Mandai 70 kV dengan persentase sebesar 2.44 persen. Sementara untuk tegangan 150 kV, jatuh tegangan terbesar terjadi pada saluran bus Bakar ke Polmas sebesar 1.97%. Dengan begitu, jatuh tegangan yang terjadi pada saluran interkoneksi Sulselrabar masih dalam ambang batas normal. Metode yang paling mendekati dengan hasil simulasi adalah metode

penghitungan saluran pendek dengan selisih 0.2634 kV. Sementara, metode yang paling mendekati dengan hasil log PLN adalah metode penghitungan saluran menengah denganselisih sebesar 0.191 kV.



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai tegangan antara hasil simulasi dan data harian milik PT. PLN

Tabel 2. Perbandingan tegangan log milik PLN dan hasil simulasi

Bus	Metode	Simulasi (kV)	Manual (kV)	Log PLN (kV)
Jenepono - Bulukumba	Saluran Pendek	154.57	154.3066	151
Majene - Mamuju	Saluran Menengah	150.58	155.191	155
Bus	Metode	Simulasi (kV)	Manual (kV)	Log PLN (kV)
Sidrap - Maros	Saluran Panjang (Nominal $\pi$ )	152.05	152.35	154
Sidrap - Maros	Saluran Panjang (Hiperbolik)	152.05	153.241	154

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang analisis jatuh tegangan pada sistem kelistrikan 150 kV Sulselbar maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil simulasi dengan software Digsilent Powerfactory, didapati jika tegangan dengan perbedaan hasil paling besar dari tegangan nominalnya berada di bus makale dengan nilai persentase sebesar 3.02%.
- Dari metode perhitungan yang digunakan, hasil dari metode perhitungan saluran pendek untuk bus Jenepono – Bulukumba merupakan nilai yang paling mendekati dengan hasil simulasi Digsilent dengan selisih 0.263 kV. Sementara hasil dengan selisih terbesar antara simulasi

dan data log PLN berada di bus Majene dengan selisih 4.42 kV, dan hasil perhitungan manual yang paling mendekati dengan data log milik PLN adalah metode perhitungan saluran menengah berada di bus Majene dengan selisih 0.191 kV.

- Jatuh tegangan terbesar terjadi pada saluran bus bakaru ke polmas dengan persentase jatuh tegangan sebesar 1.97%.
- Dari hasil didapati jika jatuh tegangan yang terjadi masih berada diambang batas wajar yakni berada dibawah 5%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Pramono, "Makalah Teknik Tenaga Listrik, Transmission of Electrical Energy (Transmisi Tenaga Listrik)," *Departemen Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Indones. Depok*. Diambil dari <http://staff.ui.ac.id/system/files/users/chairul.hudaya/material/papertransmissionofelectricalenergy.pdf>, 2010.
- [2] A. Arismunandar and S. Kuwahara, "Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik I. Jakarta," *Pradya Paramita*, 2004.
- [3] DIgSilentPowerfactory. 2013. *DIgSilentPowerfactory 15 Tutorial*, Gomarigen: DIgSilentGmBH
- [4] H. Saadat, *Power system analysis*. WCB/McGraw-Hill, 1999.
- [5] J. Duncan Glover, M. Sarma, and T. Overbye, "Power system analysis and design," *USA CENGAGE Learn.*, 2008.