

Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan Pada Gardu Induk Cerme Sistem Transmisi 150kV Menggunakan Aplikasi Digsilent

Raka Trialviano Bagus^{1*}, Denny Irawan²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Gresik
¹trialvianoraka@gmail.com, ²de2mas@umg.ac.id

ABSTRAK

Kualitas kelistrikan khususnya fluktuasi tegangan sangatlah penting untuk tetap stabil dalam menyuplai tegangan kepada konsumen. PT. PLN (Persero) memiliki batas nilai tegangan terendah -5% dan tertinggi +10% yang di atur dalam Permen ESDM no. 3 tahun 2007 dalam sistem transmisi. Akan tetapi sistem transmisi 150 KV sering kali terjadi jatuh tegangan yang diakibatkan oleh penghantar yang terlalu panjang dan beban yang tidak sesuai, sehingga dalam menjaga kualitas transmisi yang baik, diperlukan sistem yang handal. Salah satunya adalah GI Cerme yang memiliki tipe *double* busbar, yang memisahkan dua sub sistem transmisi Jawa-Bali dan terhubung dengan suplai dari GI Surabaya Barat dan GI Lamongan. Meskipun demikian, jaringan Lamongan-Cerme dengan panjang 26,77KMS dan beban trafo menyebabkan terjadinya jatuh tegangan, dalam kasus yang terjadi pada bulan april tahun 2023 di GI Cerme pada beban puncak mengalami jatuh tegangan hingga 137 KV, sehingga untuk mengatasi masalah jatuh tegangan tersebut perlu dilakukan perbaikan sistem transmisi pada GI Cerme. Melalui aplikasi digsilent dapat disimulasikan perencanaan sistem di GI Cerme yang lebih baik agar tegangan dapat diperbaiki sesuai standart.

Kata Kunci : *Jatuh Tegangan, Kualitas Tegangan, Aplikasi DigSilent*

Analysis of Voltage Drop Improvements in the Cerme Substation 150kV Transmission System Using the Digsilent Application

ABSTRACT

The electrical quality, especially voltage fluctuations, is very important to remain stable in supplying voltage to consumers. PT. PLN (Persero) has a minimum voltage limit of -5% and a maximum of +10% which is regulated in the Minister of Energy and Mineral Resources no. 3 of 2007 in the transmission system. However, the 150 KV transmission system often experiences voltage drops caused by conductors that are too long and inappropriate loads, so that in maintaining good transmission quality, a reliable system is needed. One of them is GI Cerme which has a double busbar type, which separates the two Java-Bali transmission sub-systems and is connected to supplies from West Surabaya GI and Lamongan GI. Even so, the Lamongan-Cerme network with a length of 26.77KMS and transformer load causes a voltage drop, in the case that occurred in April 2023 at GI Cerme at peak load it experienced a voltage drop of up to 137 KV, so it is necessary to overcome the voltage drop problem the transmission system was repaired at GI Cerme. Through the digsilent application, it is possible to simulate better system planning at GI Cerme so that the voltage can be repaired according to standards.

Keywords: *Voltage Drop, Voltage Quality, DigSilent Application*

Correspondence author : Raka Trialviano Bagus Program studi Teknik Elektro,
Universitas Muhammadiyah Gresik
E-Mail: trialvianoraka@gmail.com



I. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan antara pusat pembangkit dan pusat beban umumnya terhubung melalui jaringan transmisi yang memiliki jarak yang cukup jauh, bahkan mencapai ratusan hingga ribuan kilometer [1]. Jarak yang sangat jauh ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan tegangan (*voltage drop*) yang signifikan. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan tegangan yang tinggi pada pembangkit listrik guna mengatasi kerugian daya yang terjadi akibat jarak transmisi yang panjang tersebut.

Gardu induk Cerme menggunakan tipe double busbar yang terbagi menjadi dua, yaitu busbar A yang terhubung dengan subsistem Krian dari GI Surabaya Barat, dan busbar B yang terhubung dengan subsistem Ngimbang dari GI Lamongan. Namun, dikarenakan panjang penghantar sejauh 26,77KMS pada jalur Lamongan - Cerme, terjadi penurunan tegangan pada busbar B di GI Cerme. Pada bulan April 2023, tercatat nilai tegangan terendah sebesar 137 kV saat kondisi beban puncak. Hal ini dapat menyebabkan trafo bekerja pada suhu yang tinggi dan mencapai batas maksimalnya. Penurunan tegangan ini melampaui batas standar yang ditetapkan oleh Permen ESDM No. 03 Tahun 2007 [2], di mana batas nilai tegangan adalah 150 kV dengan toleransi +5%, -10%. Penurunan tegangan juga mempengaruhi efisiensi trafo, karena tegangan primer trafo yang menurun akan berdampak pada tegangan sekundernya. Oleh karena itu, untuk mempertahankan kualitas tegangan pada sisi sekunder, perlu dilakukan pengurangan beban agar trafo tidak bekerja pada beban maksimal.

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan kapasitor. Kapasitor dapat menyuplai daya reaktif dan memperbaiki faktor daya. Dengan demikian, perlu dilakukan perubahan pada sistem transmisi. Untuk merencanakan perubahan sistem transmisi yang terbaik, dapat dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak DigSilent. Analisis sistem transmisi melalui simulasi DigSilent akan memberikan skenario terbaik untuk perbaikan tegangan.

Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kehilangan tegangan pada suatu penghantar. Hal ini disebabkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Besarnya penurunan tegangan ini dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu: [3]

1. Arus yang mengalir melalui kabel: Semakin tinggi arus yang mengalir, semakin besar penurunan tegangan yang terjadi.
2. Impedansi konduktor: Impedansi konduktor adalah ukuran resistansi dan reaktansi dari kabel. Semakin besar impedansi, semakin besar pula penurunan tegangan yang terjadi.

Impedansi kabel sendiri bergantung pada ukuran kabel (luas penampangnya) dan panjang kabel tersebut. Produsen kabel umumnya menyediakan informasi mengenai nilai resistansi dan reaktansi kabel dalam satuan ohm per kilometer.

Jatuh tegangan phasor V_d pada suatu penghantar dengan impedansi (Z) dan arus (I) dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$V_d = I \cdot Z \quad (I.1)$$

Untuk menghitung jatuh tegangan, kita harus mempertimbangkan reaktansi dan faktor daya yang tidak selalu bernilai satu. Berikut ini diuraikan cara perhitungannya berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut:

$$(\Delta V) = I (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) L \quad (I.2)$$

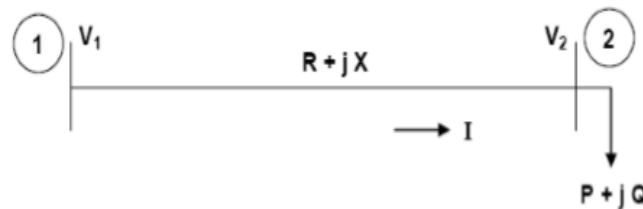
Dimana :

- I = Arus
- R = Tahanan
- X = Reaktansi
- L = Panjang penghantar

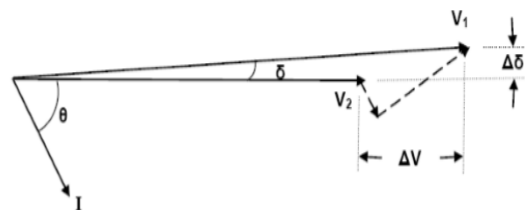
Dari penjelasan mengenai penyebab jatuh tegangan, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memperbaiki tegangan, yaitu sebagai berikut [4] :

1. Meminimalkan rugi daya: Salah satu cara adalah dengan mengubah ukuran penghantar menjadi lebih besar dan memilih konduktor dengan tahanan yang rendah. Dengan melakukan perubahan ini, dapat mengurangi rugi daya yang terjadi pada jaringan listrik.
2. Memperbaiki faktor daya: Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan kapasitor bank. Dengan menggunakan metode ini, daya reaktif dapat dihasilkan, sehingga dapat mengurangi rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan listrik.

Kedua metode tersebut merupakan upaya untuk mengoptimalkan efisiensi jaringan listrik dan meminimalkan jatuh tegangan yang terjadi.



Gambar 1. Saluran Transmisi



Gambar 2. Diagram Phasor

Bus 1 adalah bus pengirim dan bus 2 adalah bus penerima dalam suatu sistem. Saluran transmisi antara kedua bus tersebut memiliki impedansi ($R + jX$). Dalam analisis, kita mengambil tegangan pada bus 2 (V_2) sebagai referensi. Dalam hal ini, arus yang mengalir antara kedua bus memiliki perbedaan sudut fasa terhadap tegangan pada bus 1 (V_1). Nilai $R + jX$ mewakili impedansi saluran transmisi, sementara nilai $P + jQ$ mewakili impedansi beban. [5]

Dari diagram phasor di atas, dapat ditulis persamaan sebagai berikut :

$$|V_1|^2 = |V_2 + \Delta V|^2 + \Delta \delta^2 \quad (I.3)$$

Dimana :

$$\Delta V = RP/V_2 + XQ/V_2 \quad (I.4)$$

$$\Delta \delta = XP/V_2 + RQ/V_2 \quad (I.5)$$



Pada umumnya, perubahan sudut fasa ($\Delta\delta$) akan lebih kecil dibandingkan dengan perubahan tegangan ($V_2+\Delta V$). Dengan demikian, dari Persamaan 1, kita dapat mendapatkan persamaan berikut :

$$[V_1]^2 = [(V_2+\Delta V)]^2 \quad (I.6)$$

Maka, jatuh tegangan pada saluran transmisi dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_1 - V_2 = \Delta V = \frac{RP}{V_2} + \frac{XQ}{V_2} \quad (I.7)$$

Karena nilai resistansi R sangat kecil dibandingkan dengan nilai reaktansi X, maka nilai R dapat diabaikan dalam perhitungan. Dengan demikian, persamaan dapat disederhanakan menjadi :

$$\Delta V = \frac{XQ}{V_2} \quad (I.8)$$

Keterangan :

- V1 = Tegangan pengirim
- V2 = Tegangan penerima
- P = Daya aktif
- Q = Daya reaktif
- ΔV = selisih V1 dengan V2
- θ = Sudut antara I dengan V1
- δ = Sudut antara V1 dengan V2
- I = Arus
- R = Resistansi konduktor
- X = Reaktansi konduktor

Penghantar

Penghantar digunakan sebagai media pengangkut arus dalam sistem transmisi, seperti SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi) atau SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi). Fungsinya adalah untuk mengalirkan arus listrik dari pembangkit ke GI/GITET atau antara GI/GITET yang berbeda [6]. Penghantar tersebut diregangkan melalui tiang-tiang SUTT/SUTET menggunakan insulator sebagai pemisah antara konduktor dan tiang.

Bahan penghantar yang digunakan dalam saluran transmisi perlu memiliki sifat-sifat berikut [7]:

1. Konduktivitas yang baik: Bahan konduktor harus memiliki hambatan jenis yang relatif rendah, sehingga dapat menghantarkan arus listrik secara efisien. Semakin tinggi konduktivitasnya, semakin baik bahan tersebut sebagai penghantar.
2. Kekuatan mekanik yang tinggi: Penghantar harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban dan tekanan yang terjadi selama operasional. Ini termasuk beban angin dan beban tegangan (*tension load*).
3. Koefisien muai yang rendah: Penghantar harus memiliki koefisien muai yang rendah, sehingga tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, atau *volume* yang signifikan akibat perubahan suhu.
4. Kekakuan/fleksibilitas: Sifat ini penting saat saluran transmisi mengalami beban tegangan tinggi. Dengan modulus elastisitas yang tinggi, penghantar tidak mudah patah atau mengalami kerusakan akibat tegangan tinggi.

Ada beberapa jenis penghantar yang dapat digunakan dalam saluran transmisi, antara lain: [8]

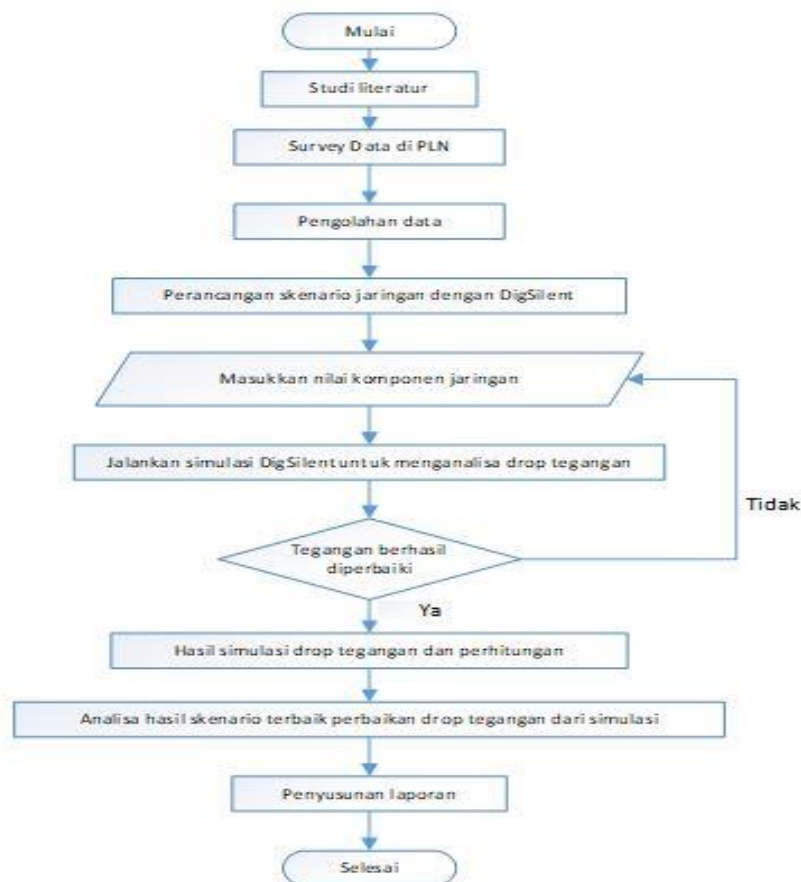
1. Konduktor tembaga: Konduktor tembaga memiliki konduktivitas yang tinggi dan kekuatan mekanik yang baik.

2. Konduktor aluminium: Konduktor aluminium lebih ringan daripada konduktor tembaga, namun konduktivitas dan kekuatan mekaniknya lebih rendah. Terdapat beberapa jenis konduktor aluminium seperti ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*), TACSR (*Thermal Aluminium Conductor Steel Reinforced*), dan ACCC (*Aluminium Conductor with Composite Core*)

Shunt Capacitor

Kapasitor *shunt* adalah unit kapasitor yang terpasang dalam rak baja galvanis untuk membentuk bank kapasitor. Kapasitor shunt digunakan untuk mengkompensasi beban induktif, meningkatkan actor daya, mengurangi rugi-rugi jaringan, menstabilkan tegangan, dan mengurangi jatuh tegangan. Fungsi utama kapasitor *shunt* adalah menghasilkan daya reaktif dan mengurangi jumlah daya reaktif serta daya semu yang dihasilkan oleh komponen utilitas. Kapasitor *shunt* digunakan untuk menyeimbangkan beban induktif dengan memberikan suplai daya reaktif melalui beban kapasitif, mengurangi arus induktif yang mengalir ke beban. [9]

II. METODE PENELITIAN



Gambar 3. Flowchart Penelitian

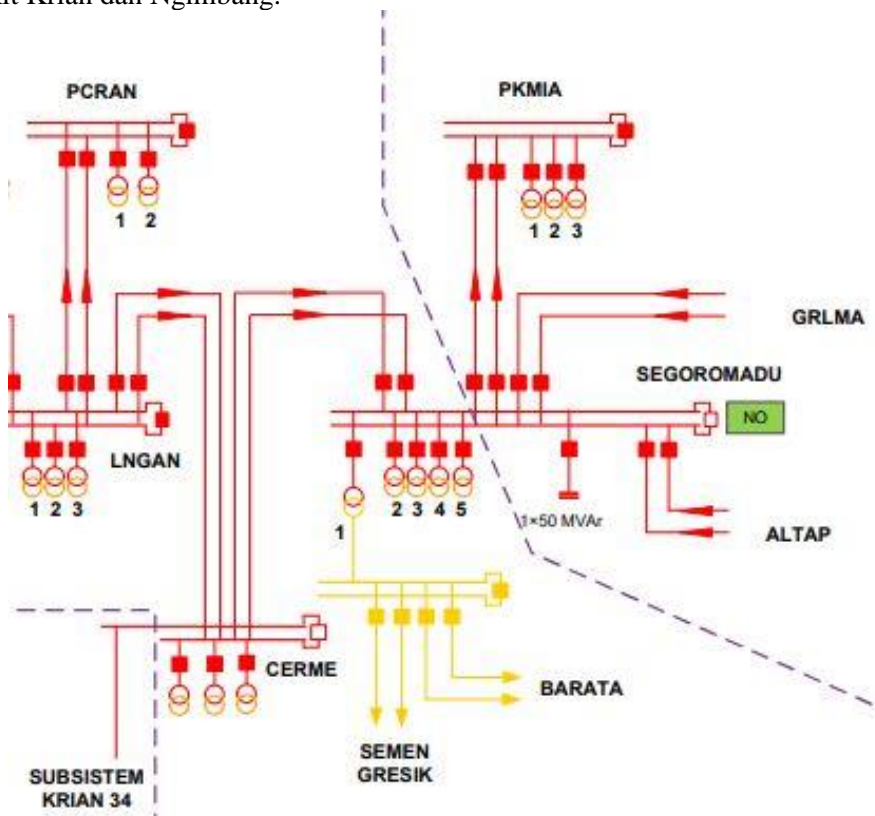
Flowchart adalah suatu diagram atau gambar yang menggambarkan alur proses dan hubungan dalam suatu program atau sistem. *Flowchart* digunakan untuk mengilustrasikan secara grafis langkah-langkah atau urutan aktivitas yang terjadi dalam suatu penelitian atau proses.



Dengan menggunakan flowchart, informasi dapat disajikan secara visual dan mudah dipahami oleh orang lain. *Flowchart* membantu dalam menjelaskan alur penelitian atau proses secara sistematis.

Data Single Line Diagram

Gambar *single line diagram* gardu induk Cerme merupakan representasi grafis dari sistem transmisi yang digunakan sebagai dasar untuk membuat simulasi menggunakan perangkat lunak DigSilent. Gambar tersebut didapatkan dari data yang diberikan oleh PT. PLN UP2B Jawa Timur. Pada gambar tersebut terlihat bahwa gardu induk Cerme menerima pasokan listrik dari pembangkit Krian dan Ngimbang.



Gambar 4. *Single Line Diagram* GI Cerme

Data Penghantar

Terdapat beragam jenis dan ukuran penghantar yang digunakan dalam sistem jaringan. Setiap jenis penghantar memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghantar arus dan memiliki nilai hambatan yang berbeda pula. Data penghantar untuk Subsistem Ngimbang diperoleh dari PLN UPT Gresik. Data tersebut mencakup informasi tentang nama penghantar, jenis dan ukuran penghantar, panjang penghantar, dan impedansi. Data ini akan digunakan sebagai input dalam simulasi sistem jaringan menggunakan program DigSilent.[10]



Tabel 1. Data Penghantar

Nama Penghantar		Jenis Penghantar	Panjang (KMS)	R	X	Z
CERME	LAMONGAN	OHL-150kV-TACSR 240mm (973A)	26,77	3,3914	10,378	10,9188
CERME	LAMONGAN	OHL-150kV-TACSR 240mm (973A)	26,77	3,3914	10,378	10,9188
T25-T26 CERME LAMONGAN INCOMER		OHL-150kV-TACSR 2X410/60mm ² (2730A)	0,212	0,007632	0,0598	0,06027
SEGOROMA DU	CERME	OHL-150kV-TACSR 240mm (973A)	8,41	1,0654	3,26	3,43
SEGOROMA DU	CERME	OHL-150kV-TACSR 240mm (973A)	8,41	1,0654	3,26	3,43
SEGOROMA DU	BARATA	OHL-70kV- ACSR/OSTRICH 176.7mm (440A)	0,5	0,10875	0,1935	0,2220
SEGOROMA DU	BARATA	OHL-70kV- ACSR/OSTRICH 176.7mm (440A)	0,5	0,1088	0,1935	0,2220
SEGOROMA DU	SEMENGRES IK	OHL-70kV- ACSR/OSTRICH 176.7mm (440A)	2,1	0,45674	0,8129	0,9324
SEGOROMA DU	SEMENGRES IK	OHL-70kV- ACSR/OSTRICH 176.7mm (440A)	2,1	0,45674	0,8129	0,9324

Data Beban Gresik Subsistem Ngimbang

Beban pada Subsistem Ngimbang UPT Gresik diperoleh dari transformator yang terdapat di setiap gardu induk. Mayoritas beban tersebut berasal dari trafo tenaga yang mentransmisikan tenaga listrik ke jaringan distribusi dengan tegangan 20kV, serta beberapa trafo IBT yang mentransmisikan tenaga listrik dengan tegangan 70kV. Trafo IBT ini bertugas menyuplai konsumen khusus yang membutuhkan tegangan tinggi, seperti barata dan semengresik. Data beban ini mencakup besaran daya aktif dan daya reaktif dari setiap trafo. Informasi mengenai data beban ini diperoleh dari PLN UP2 Jawa Timur. Berikut adalah data beban untuk Subsistem Ngimbang :

Tabel 2. Data Beban

Bay	GI Cerme			GI Lamongan			GI Semen Gresik
	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3	Trafo 1
Daya Aktif	14,4	6,9	6,1	21,7	19,4	25,9	3,8
Daya Reaktif	4,7	1,9	1,2	7,6	5,9	9	0

Bay	GI Segoromadu					GI Barata
	Trafo IBT 1	Trafo 2	Trafo 3	Trafo 4	Trafo 5	Trafo 1
Daya Aktif	5,7	37	13,7	10,5	11,3	1,9
Daya Reaktif	1,5	19,2	5,3	5,2	4	1



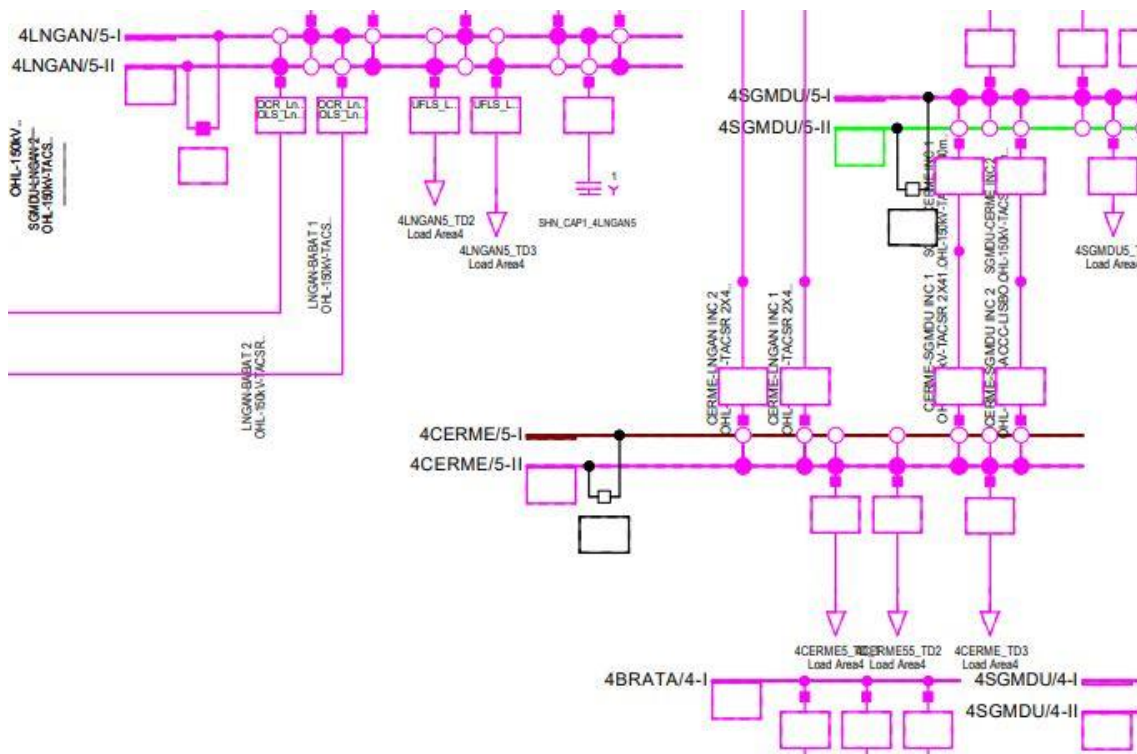
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan drop tegangan [8] pada jaringan transmisi adalah sebagai berikut :

1. Beban jaringan yang tinggi .
2. Tegangan sumber yang kecil akibat konfigurasi jaringan.
3. Nilai resistansi jaringan yang besar..
4. Besarnya impedansi konduktor

Skenario Perbaikan Tegangan

Pembuatan skenario perbaikan tegangan didasarkan pada hasil analisis drop tegangan pada busbar B GI Cerme. Dalam rangka mengatasi masalah tersebut, fokus skenario perbaikan tegangan difokuskan pada penghantar Lamongan - Cerme yang merupakan jaringan ujung pada subsistem Ngimbang. Hal ini dikarenakan panjang penghantar yang mencapai 26,77 km dan kondisi ini menyebabkan penurunan tegangan yang signifikan pada sumber tegangan dari GI Lamongan yang diterima oleh GI Cerme.



Gambar 4. Subsistem Ngimbang Digsilent

Berdasarkan analisis tersebut, skenario perbaikan tegangan yang direkomendasikan untuk GI Cerme adalah pemasangan *Shunt Capacitor*. Perhitungan kapasitas *shunt capacitor* dilakukan pada saat beban puncak pada bulan April 2023. Pada saat itu, GI Lamongan menyuplai tegangan dengan nilai 141,6 kV (V1), sedangkan tegangan pada busbar B GI Cerme sebelum dipasang kapasitor adalah 137,7 kV (V2). Selain itu, nilai impedansi jaringan antara GI Cerme dan GI Lamongan adalah 10,97 Ω (X) sesuai dengan data pada Tabel 1. Dengan demikian, untuk

mencapai tegangan 150 kV (V2) pada busbar B GI Cerme, diperlukan kapasitas kapasitor yang sesuai. Perhitungan kapasitas kapasitor ini akan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned}\Delta V &= XQ/V^2 \\ V_1 - V_2 &= XQ/V^2 \\ 141,6\text{kV} - 150\text{kV} &= 10,97 \times Q/150\text{kV} \\ 8,4\text{kV} &= 0,073136Q \\ Q &= 114,8\text{MVar}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, untuk menaikkan tegangan sisi terima pada busbar B GI Cerme menjadi 150kV (V2) dibutuhkan daya reaktif yang di kompensasi oleh kapasitor *shunt* sebesar 114,8Mvar.

Permodelan Sistem Jaringan Pada Aplikasi DigSilent

Pemodelan sistem jaringan listrik dibuat berdasarkan rancangan skenario perbaikan tegangan pada busbar B GI Cerme. Pemodelan tersebut menggunakan perangkat lunak DigSilent. Data yang digunakan dalam pembuatan *single line diagram* Subsistem Gresik berasal dari UP2B Jawa Timur. Dalam DigSilent, pembuatan *single line diagram* dimulai dengan membuat busbar, kabel, reactor, beban, transformator, dan generator. Elemen-elemen ini tersedia dalam perangkat lunak tersebut di sebelah kanan antarmuka. Untuk membuat diagram, pengguna hanya perlu menyeret dan melepas ikon yang diinginkan. Pada Gambar 4, ditampilkan hasil desain *single line diagram* subsistem Ngimbang yang telah selesai dibuat menggunakan perangkat lunak DigSilent.

Load Flow Skenario

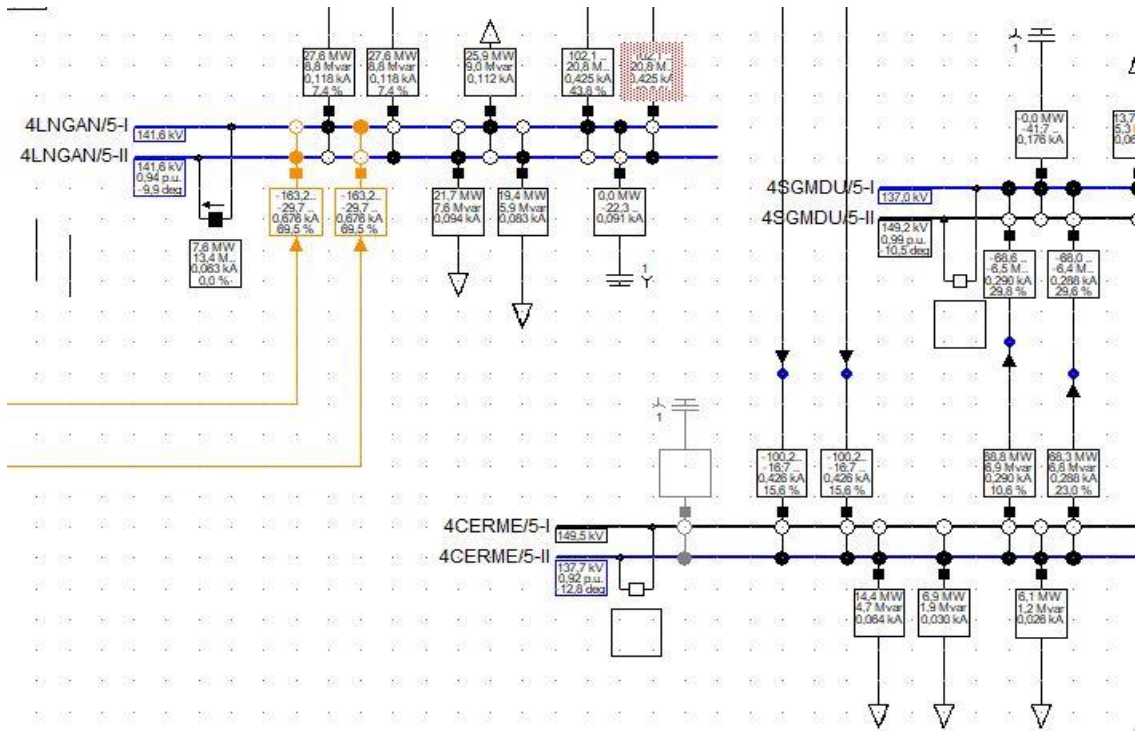
Setelah pembuatan *single line diagram* Subsistem Ngimbang, dilakukan analisis aliran daya pada sistem tersebut. Dalam DigSilent, pengaturan sistem seperti beban, generator, transformator, kabel, bus, dan grid untuk suatu kondisi akan direkam sebagai sebuah skenario. Jika terdapat perubahan pada salah satu elemen tersebut, akan dibuat skenario baru. Untuk menyimpan skenario baru, klik File > Save Operation Scenario As, sehingga akan muncul skenario baru pada Data Manager

Load Flow Skenario Kondisi Normal

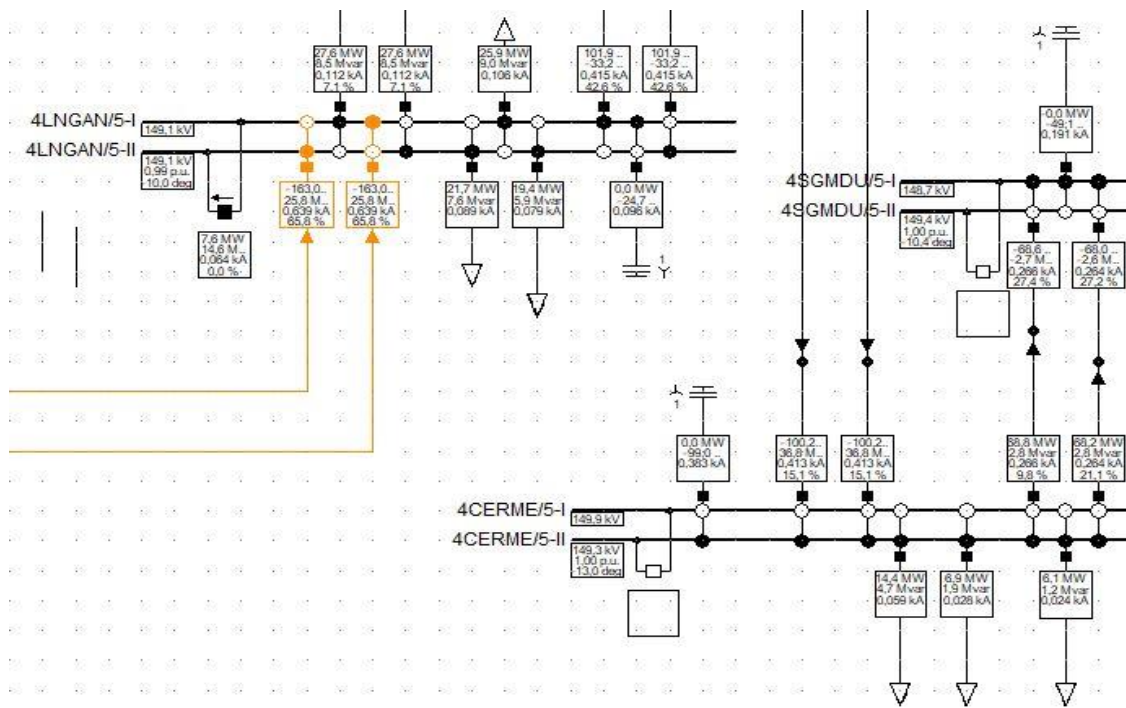
Kondisi normal merupakan keadaan sistem jaringan listrik saat ini yang sedang beroperasi. Skenario ini digunakan sebagai mode dasar dalam proyek perbaikan tegangan busbar B GI Cerme. Dari skenario ini, kita dapat melihat kondisi subsistem Ngimbang yang akan dimodifikasi untuk memperbaiki nilai tegangan pada GI Cerme.

Pada gambar 5, terlihat bahwa tegangan sumber pada busbar GI Lamongan adalah 141,6kV. GI Lamongan mengalirkan daya ke GI Cerme melalui Line Lamongan-Cerme 1 dan Lamongan-Cerme 2. Penghantar tersebut memiliki daya masing-masing sebesar 102,1MW dan 20,8MVar, yang terhubung ke Busbar B GI Cerme dengan 3 beban dan juga terhubung ke beban GI Segoromadu dengan 5 beban trafo. Hal ini menyebabkan tegangan pada busbar B GI Cerme menjadi 137,7kV





Gambar 5. Load flow analysis kondisi normal



Gambar 6. Load flow analysis kondisi Kapasitor terpasang

Load Flow Skenario Pemasangan Kapasitor

Dengan pemasangan kapasitor *shunt* pada Gardu Induk Cerme yang di letakkan pada Busbar B kapasitor *shunt* akan mengkompensasi beban induktif sehingga membangkitkan daya reaktif yang akan menaikkan nilai tegangan pada bus B Gardu Induk Cerme. Sesuai dengan perhitungan kebutuhan kapasitas kapasitor untuk meningkatkan tegangan pada busbar B GI Cerme sebesar 114,8Mvar. Maka di buat sebuah *shunt capacitor* dengan *rating* daya 100Mvar seperti pada gambar di atas. *Shunt Capacitor* yang terhubung pada busbar B GI Cerme membangkitkan daya reaktif sebesar 99 Mvar.

Daya reaktif tersebut menyuplai 3 buah trafo di GI Cerme dan mengirim menuju GI Lamongan melalui line Cerme-Lamongan 1 dan Cerme-Lamongan 2, dengan daya reaktif masing-masing line sebesar 36,8Mvar mengakibatkan tidak hanya tegangan GI Cerme yang mengalami kenaikan namun juga GI Lamongan akibat suplai daya reaktif tersebut. Tegangan GI Cerme naik menjadi 149,3kV dan tegangan GI Lamongan naik menjadi 149,1kV. Hasil perbandingan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor 100Mvar menunjukkan kenaikan sebesar 7,73 % pada busbar B GI Cerme dan 5% kenaikan tegangan pada busbar GI Lamongan. *Line* Cerme- Lamongan mengalami penurunan daya reaktif sebesar -320% yang artinya GI Cerme menjadi suplai daya reaktif menuju GI Lamongan. Hal serupa juga terjadi pada line Lamongan – Babat, selain terjadi penurunan daya reaktif terjadi juga penurunan arus pada semua beban ber kisar sebesar -5% - 8%. Penurunan arus tersebut membuktikan dengan membangkitkan daya reaktif mengakibatkan perbaikan *cos phi* sehingga dengan daya beban yang sama terjadi penurunan besaran arus akibat perbaikan *cos phi*.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa jatuh tegangan merupakan penurunan tegangan pada saluran listrik yang menyebabkan tegangan di sisi penerima lebih rendah daripada tegangan di sisi pengirim. Toleransi yang diatur oleh Permen ESDM no. 3 tahun 2007 dalam sistem transmisi adalah penurunan tegangan maksimal sebesar -5% dan kenaikan tegangan maksimal sebesar +10%. Pada kasus ini, ditemukan bahwa jatuh tegangan pada Busbar B Gardu Induk Cerme mencapai 8,2% akibat konfigurasi penghantar Lamongan-Cerme yang merupakan jaringan ujung pada subsistem Ngimbang. Untuk mengatasi masalah ini, direkomendasikan pemasangan kapasitor *Shunt* dengan kapasitas 114,8Mvar pada Gardu Induk Cerme, namun penting untuk dicatat bahwa pabrik hanya dapat memproduksi kapasitor *Shunt* dengan kapasitas yang disesuaikan yaitu sebesar 100MVar. Setelah pemasangan kapasitor *Shunt* sebesar 100Mvar terjadi peningkatan tegangan sebesar 7,73% pada Busbar B Gardu Induk Cerme, dari 137,7kV menjadi 149,3kV. Dengan tegangan tersebut, Busbar B Gardu Induk Cerme memenuhi standar yang ditetapkan oleh peraturan yang berlaku. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang telah dilakukan, penulis memberikan rekomendasi untuk melakukan perbaikan *drop* tegangan pada Busbar B Gardu Induk Cerme dengan memasang kapasitor *Shunt* sebesar 100MVar guna meningkatkan nilai tegangan pada busbar tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. WALUYO, W., SEPGIANTO, G. A., & SAODAH, “Studi Gangguan Hubung Tanah Stator Generator Menggunakan Metoda Harmonik Ketiga di PT. Indonesia Power UP. Saguling,” *REKA ELKOMIKA*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [2] R. Indonesia, *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral No. 3 Tahun 2007 tentang ATURAN JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK JAWA-MADURA-BALI*. Sekretariat Negara. Jakarta, 2007.



-
- [3] A. Kurniawan, “Analisa jatuh tegangan dan penanganan pada jaringan distribusi 20 kv rayon palur pt. pln (persero) menggunakan etap 12.6 publikasi ilmiah,” p. 15, 2016, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/50011/>
- [4] Arsuyono, “Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan (Voltage Drop) Pada Penyulang Lubuk Jambi Di Area Pelayanan Pt. Pln (Persero) Ulp Taluk Kuantan,” pp. 1–131, 2021.
- [5] D. Y. Sukma and Hermanto, “Perbaikan Jatuh Tegangan pada Feeder Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Teluk Kuantan,” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [6] G. Putra, “Analisa Perbaikan Tegangan Pada Saluran Transmisi.,” 2014.
- [7] M. Ihwanudin, “SIMULASI GANGGUAN VOLTAGE SAG DAN VOLTAGE SWELL PADA JARINGAN 20 KV MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK,” *quateknika*, vol. 8, no. 2, pp. 1–15, 2018.
- [8] A. D. Prasetyo, B. Sirait, and Purwoharjono, “Upaya Perbaikan Jatuh Tegangan pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah PT. PLN (Persero) Rayon Tumbang Titi Ketapang,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [9] PLN, *Buku Pedoman Pemeliharaan Kapasitor*. 2014.
- [10] M. Saini, M. Y. Yunus, R. Akbar, and M. Yassir, “ANALISIS JATUH TEGANGAN PADA SISTEM KELISTRIKAN 150 kV SULSELBAR MENGGUNAKAN DIGSILENT POWERFACTORY 15,” *J. Sinergi Jur. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 2, p. 200, 2019, doi: 10.31963/sinergi.v16i2.1514.