

Analisa Overhaul Aliran Beban PMT GI 150/70 kV Menggunakan ETAP pada SUTT 70 kV

^{1*}Agus Siswanto, ²Mudofar Baehaqi, ³Muhammad Alif, ⁴Mansur

^{1,2,3}Electrical Engineering Study Program, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Indonesia

⁴Electrical Engineering Study Program, Universitas Halu Oleo Kendari, Indonesia

asiswanto.untagcrb@gmail.com, mudofarbaehaqi@gmail.com, mansur_naufal@yahoo.com

Article Info

Article history:

Received Oktober 7th, 2024

Revised Oktober 25th, 2024

Accepted November 10th, 2024

Keyword:

PMT,
Overhaul,
Testing,
ETAP simulation

ABSTRACT

The power breaker (PMT) in the transmission system functions as a load breaker both under normal circumstances and when a disturbance occurs. In July 2021 it was discovered that there was an SF6 gas leak at (PMT) bay Arjawinangun 2 at Gi Sunyaragi. Under these conditions an overhaul was carried out which in the implementation found several sources of causes of leaks such as scale and corrosion at the joints and packing conditions that were no longer flexible. Before the implementation and after the implementation of the overhaul, tests were carried out including: contact resistance testing, insulation resistance testing and after a series of tests were carried out, then an analysis of the test results was carried out and a voltage drop simulation was carried out using the Etap 12.6 software from a series of activities, 5 simulation results were obtained and concluded that the system is still within safe limits (up 5%, down 10% from the nominal voltage). As well as other tests such as isolation resistance and contact resistance are still included in the specified standard category, so it is concluded that the PMT bay Arjawinangun 2 is in good condition and safe to operate.

Copyright © 2024 Nucleus Journal
All rights reserved.

DOI: <https://doi.org/10.32492/nucleus.v3i2.3202>

Corresponding Author:

Agus Siswanto

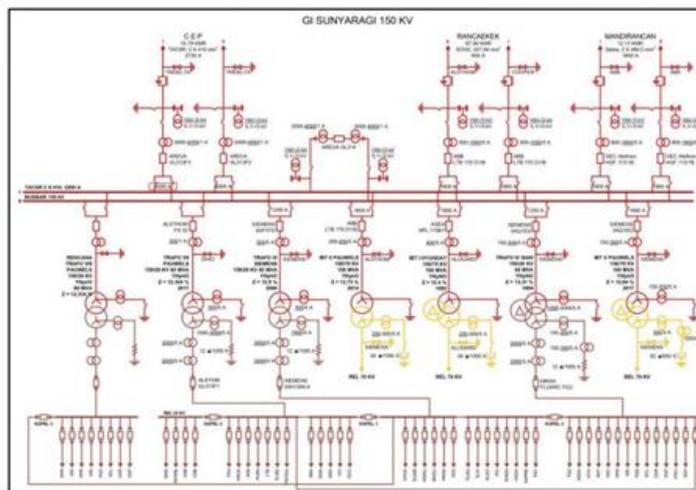
Electrical Engineering, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, Indonesia,
Jl. Perjuangan No.17, Karyamulya, Kec. Kesambi, Kota Cirebon, Jawa Barat 45131.
Email: asiswanto.untagcrb@gmail.com

Abstrak—Pemutus Tenaga (PMT) pada sistem transmisi berfungsi sebagai pemutus beban baik dalam keadaan normal maupun ketika terjadi gangguan. Pada bulan Juli 2021 diketahui terdapat kebocoran gas SF6 pada (PMT) bay Arjawinangun 2 di Gi Sunyaragi. Dengan kondisi tersebut dilakukan Overhaul yang mana dalam pelaksanaan ditemukan beberapa sumber penyebab kebocoran seperti terdapat kerak dan korosi pada sambungan serta kondisi Packing yang sudah tidak fleksibel. Sebelum pelaksanaan dan sesudah pelaksanaan overhaul dilakukan pengujian-pengujian diantaranya: pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi dan setelah dilakukan serangkaian pengujian, kemudian dilakukan analisa hasil pengujian tersebut serta dilakukan simulasi drop tegangan menggunakan software Etap 12.6 dari serangkaian kegiatan tersebut maka didapatkan 5 hasil simulasi dan disimpulkan sistem masih dalam batas aman (naik

5%, turun 10% dari tegangan nominal). Serta pengujian lain seperti Tahanan isolasi dan Tahanan kontak masih masuk dalam kategori standart yang ditentukan, sehingga disimpulkan bahwa PMT bay Arjawinangun 2 dalam keadaan baik dan aman untuk di operasikan.

I. Pendahuluan

PT.PLN (Persero) UPT CIREBON mempunyai asset salah satu Gardu Induk yang sudah beroperasi sangat lama yaitu Gardu Induk Sunyaragi yang berada tepatnya di Jl. Brigjend Dharsono By Pass Cirebon 45135. Koordinat 6°44'12"S 108°32'23"E, dimana untuk pemeliharannya mengikuti wilayah ULTG Cirebon, Gardu Sunyaragi ini sudah beroperasi sejak tahun 1964 dan memiliki 26 bay terdiri dari 14 bay line penghantar, 10 bay transformator, dan 2 bay kopel, nama bay tersebut seperti pada gambar 1:



Gambar 1, Single Line Diagram sistem 150 kV

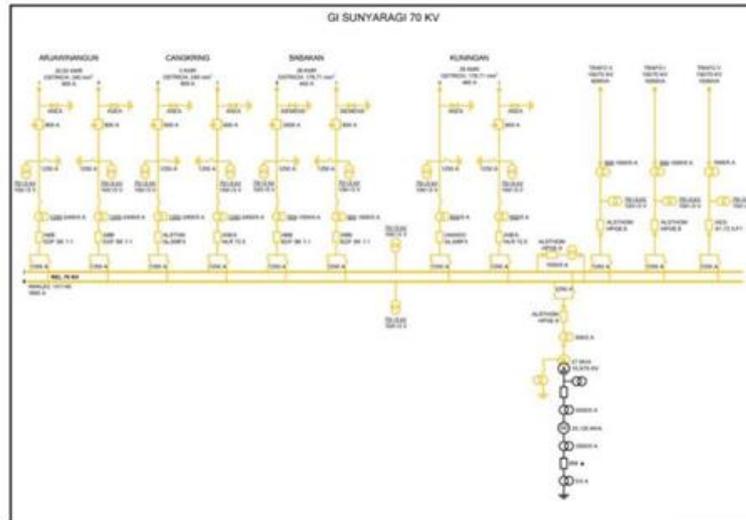
1. Bay line Penghantar CEP 1 - 2
2. Bay line Penghantar New Cangkring 1 - 2 (Proses Uprating)
3. Bay line Penghantar Mandirancan 1 - 2
4. Bay line Penghantar New Kadipaten 1 - 2 (Proses Uprating)
5. Bay line Penghantar Arjawinangun 1 - 2
6. Bay line Penghantar Babakan 1 - 2
7. Bay line Penghantar Kuningan 1 - 2
8. Bay Kopel 150 kV
9. Bay Kopel 70 kV
10. Bay Transformator 4, 6, 7 & 8 60 MVA 150/20 kV
11. Bay Interbus Transformator 1, 2 & 5 100 MVA 150/70 kV

Salah satu peralatan utama yang berada di Gardu Induk adalah Pemutus Tenaga, Berdasarkan IEV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar/switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit).

Pada bulan Agustus 2021 diketahui terdapat kebocoran pada PMT bay Arjawinangun 2 di Gi Sunyaragi (type PMT : EDF SK 1-1 72.5 dengan I nominal 2500 A) yang menyebabkan level sf6 turun dari standart (tekanan normal 0.72 mpa, tekanan alarm 0.62 mpa & tekanan block 0.60 mpa).

Dengan kondisi tersebut di atas dapat mengakibatkan penurunan unjuk kerja PMT, dengan kondisi terburuk apabila terjadi gangguan pada bay Arjawinangun 2 PMT dapat mengalami kerusakan saat proses perpindahan untuk memutus arus gangguan dan mengakibatkan gangguan meluas pada sistem penyaluran

Oleh karena itu untuk memperbaiki temuan anomali PMT di atas, pada tanggal 21 Oktober 2021 PT PLN (Persero) UPT Cirebon telah melaksanakan overhaul PMT pada bay Arjawinangun 2 di GI Sunyaragi untuk mengatasi masalah kebocoran yang ada pada PMT tersebut seperti pada gambar 2.



Gambar 2, Single Line Diagram sistem 70 kV

Studi aliran daya adalah studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga listrik dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Dengan bantuan ETAP Power Station didapatkan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat[1]. Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik memerlukan representasi atau pemodelan komponen sistem tenaga listrik. Suatu sistem kelistrikan tiga fasa yang seimbang selalu diselesaikan per fasa dan digambarkan dalam diagram satu garis yang sesuai dengan sistem tersebut[2]. Tujuan diagram satu garis itu adalah untuk memberikan semua informasi yang diperlukan. Dalam berbagai kasus, diagram satu garis berbeda-beda sesuai dengan persoalan yang akan diselesaikan. Misalnya dalam studi aliran daya, beban - beban dan hambatan-hambatan seperti impedansi, resistansi dan induktansi harus digambarkan. Tempat netral ke tanah tidak perlu digambarkan. Sebenarnya pengabaian ini bertujuan untuk menyederhanakan perhitungan terutama jika perhitungan dilakukan secara manual. alasan lain diperlukan studi aliran daya, ketika sistem tenaga listrik diperluas dengan menambah jaringan transmisi dan beban untuk memenuhi perkembangan kebutuhan tenaga listrik suatu daerah. Dengan studi semacam ini menjamin bahwa sistem tenaga yang baru dapat memenuhi kebutuhan listrik secara ekonomis, efisien dan aman[3]

II. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - Juni 2022 di Gardu Induk Sunyaragi, Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Berikut adalah Tabel waktu penelitian: Metode penelitian merupakan cara atau teknik yang dilakukan dalam rangka mencapai dalam suatu tujuan dalam penelitian. Adapun langkah - langkah metode penelitian ini, yaitu :

1. Pengumpulan data

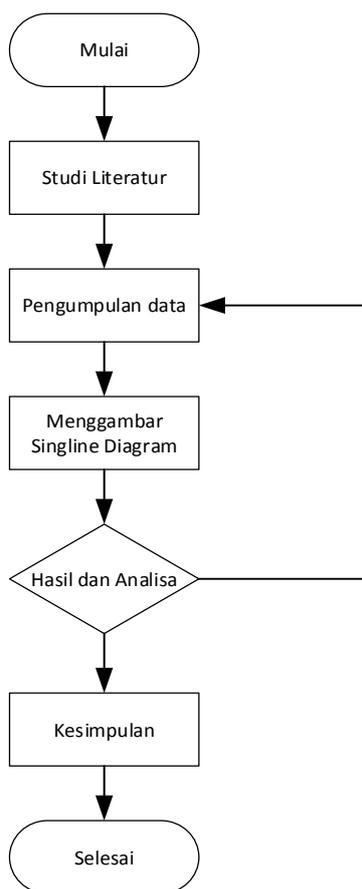
Pengambilan dan pengumpulan data yang didapat dari Gardu Induk Sunyaragi.

2. Pengolahan dan analisis data

Mengolah data yang didapat dengan menggunakan software ETAP 12.6 dengan cara :

- Menggambar Single Line Diagram sub sistem Sunyaragi 150/70 kV
- Memasukkan data pembebanan seperti : daya aktif, daya reaktif, tegangan, arus, dan line impedance.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3, Bagan alur penelitian

Analisis Aliran Daya

Analisis aliran daya merupakan dasar untuk mempelajari sistem tenaga bahkan bentuk aliran daya merupakan inti dari analisis aliran daya, studi aliran daya sangat berharga untuk berbagai alasan, analisis aliran daya memainkan peran kunci dalam perencanaan penambahan atau ekspansi pada transmisi dan fasilitas pembangkit(Siswanto, Sumardiono et al. 2018). Solusi dari aliran daya sering menjadi titik awal untuk banyak jenis analisa sistem tenaga, analisa aliran daya dan banyak perluasannya merupakan unsur penting dari studi yang dilakukan dalam operasi sistem tenaga listrik[4][5]

Diagram Satu Garis

Diagram segaris (single line diagram) merupakan diagram dari suatu sistem tenaga listrik yang sederhana, yang menunjukkan penggambaran dari penyelesaian sistem tiga fasa yang seimbang dengan menggunakan rangkaian satu fasa dimana sebuah jalur netral sebagai jalan balik. Single line dapat dilihat seperti pada gambar 4



Gambar 4, single line diagram

Selanjutnya diagram tersebut sering kali disederhanakan lagi dengan mengabaikan jalur netralnya dan hanya menunjukkan bagian-bagian komponen dengan lambang standar sebagai pengganti rangkaian ekuivalennya. Dengan demikian diagram satu garis menunjukkan suatu garis tunggal dan lambang-lambang standar saluran transmisi serta peralatan-peralatan yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik.

Penggambaran dari diagram satu garis bertujuan untuk memberikan keterangan-keterangan yang penting mengenai sistem tenaga listrik secara singkat. Tetapi untuk mengetahui gambaran dari suatu sistem tenaga listrik dalam keadaan berbeban atau pada saat sistem mengalami gangguan, maka sebelumnya diagram satu garis tersebut harus diubah menjadi diagram impedansi yang menunjukkan rangkaian ekuivalen masing-masing komponen sistem tersebut dengan berpedoman pada salah satu sisi yang sama pada transformator.

Persamaan Aliran Daya

Dalam analisis rangkaian listrik, dilakukan idealisasi sumber tegangan dinyatakan sebagai sumber tegangan ideal atau sumber arus ideal, dan beban dinyatakan sebagai impedansi dengan karakteristik linier, sumber tegangan ideal memberikan daya ke rangkaian pada tegangan tertentu, berapa pun besar arus yang dibutuhkan oleh rangkaian sumber arus ideal memberikan daya ke rangkaian pada arus tertentu, berapa pun tegangan yang diperlukan oleh rangkaian, oleh karena itu apabila rangkaian merupakan rangkaian linier, terdapat hubungan linier antara tegangan, arus dan impedansi, sehingga dalam melakukan analisis menghadapi persamaan-persamaan linier [6]

Pengubah rangkaian yang dilibatkan langsung dalam perhitungan adalah tegangan dan arus, sedangkan daya dihitung sebagai perkalian tegangan dan arus. Tegangan dan arus memberikan relasi-relasi linier sedangkan relasi daya tidaklah linier. Analisis aliran daya pada sistem tenaga, bertujuan untuk melihat bagaimana aliran daya dalam sistem, peubah yang terlibat dalam perhitungan adalah daya, dengan menggunakan daya sebagai peubah sebagai peubah dalam perhitungan, maka persamaan yang kita hadapi menjadi bukan persamaan linier. Sumber daya merupakan sumber daya yang hanya boleh beroperasi pada batas daya dan tegangan tertentu, sementara itu beban adalah bagian rangkaian yang menyerap daya, sehingga dapat dinyatakan sebagian besar daya yang diminta atau diperlukan pada tegangan tertentu[7]. Suatu permintaan daya hanya dapat dilayani selama pembebanan tidak melampaui batas daya yang mampu disediakan oleh sumber daya. Jadi walaupun rangkaian tetap rangkaian linier namun relasi daya antara sumber dan beban tidaklah linier. Oleh karena itu jika persamaan rangkaian dengan daya sebagai peubah merupakan persamaan non linier[8][9]

ETAP

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat didalam-Nya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisis pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP Power Station juga merupakan salah satu software yang dapat digunakan untuk perhitungan aliran daya pada sistem tenaga listrik. Dengan menggunakan software ETAP akan dapat menganalisis sistem tenaga listrik yang sangat luas[10][11].

ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas fasilitas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pertanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi[1].

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan Analisa

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu software ETAP adalah Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian yaitu aplikasi ETAP versi 12.6. ETAP merupakan sebuah software yang berfungsi sebagai penganalisis sebuah sistem kelistrikan secara rinci. Mulai dari power, bahkan hingga network. ETAP 12.6 ini

mampu bekerja secara offline untuk menganalisis load flow, short circuit, harmonic, maupun pengaman pada motor.

3.1 Subsistem Gardu Induk Sunyaragi 150/70 kV

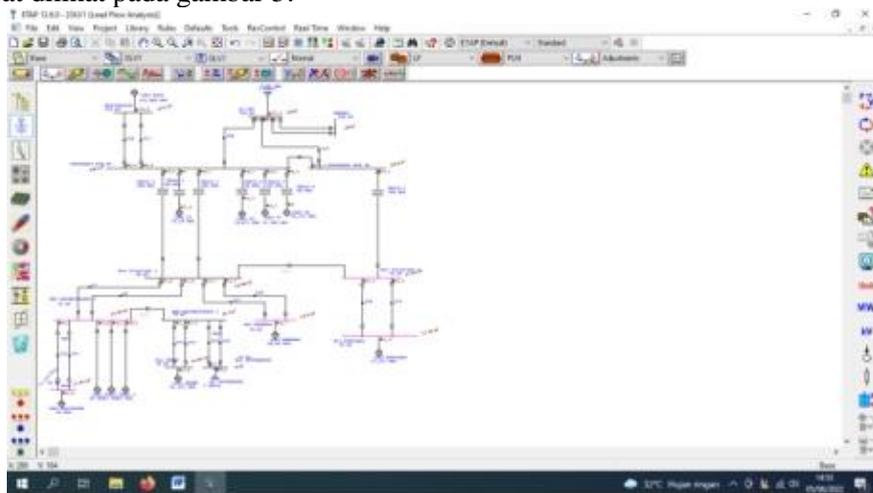
PT.PLN (Persero) TJBT UPT Cirebon ULTG Cirebon yang berlokasi di Jl. Brigjend Dharsono By Pass Cirebon mempunyai 6 Gardu induk yang terdiri dari 4 bus bertegangan 150 kV, 9 bus bertegangan 70 kV, 3 IBT 150/70 kV dan 12 Trafo distribusi yang saling interkoneksi satu sama lain. Konfigurasi sistem Gardu Induk Sunyaragi meliputi :

Tabel 1. Konfigurasi Gardu Induk Sunyaragi

Kepala tabel kolom 1	Kepala tabel kolom 2	Kepala tabel kolom 3	Kepala tabel kolom 4
Isi 11	Isi 12	Isi 13	Isi 14
Isi 21	Isi 22	Isi 23	Isi 24

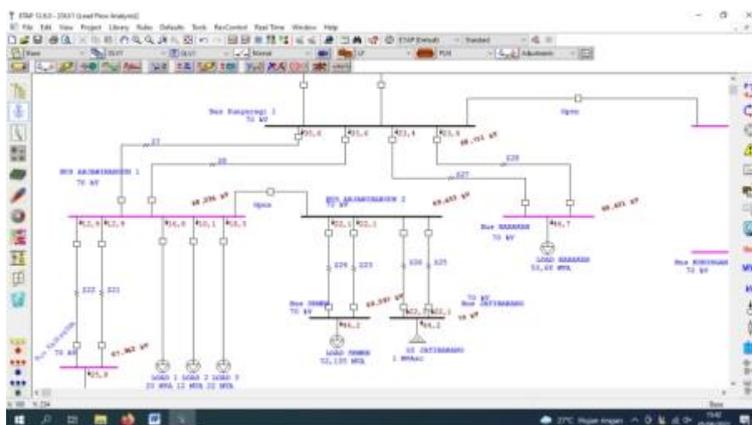
Pada Tabel 1 Gardu Induk Sunyaragi disuplai oleh PLTU Kanci atau CEP dengan daya sebesar 1 x 660 MW melalui jaringan SUTT 150 kV CEP – Sunyaragi yang memiliki 2 line. Kapasitas masing – masing line 2730 Ampere. Line CEP 1 masuk untuk mengisi Busbar 1 150 kV dan Line CEP 2 mengisi Busbar 2 150 kV Gardu Induk Sunyaragi dengan kondisi KOPEL 150 kV normal masuk. Gardu induk sunyaragi memiliki 3 interbus trafo atau IBT dengan masing – masing trafo memiliki kapasitas 100 MVA dan 4 Trafo Distribusi masing – masing 60 MVA. Kemudian IBT tersebut di step down ke sistem 70 kV yang memiliki 2 Busbar. IBT 1 dan 5 diparalel untuk mengisi Busbar 1 70 kV sedangkan IBT 2 mengisi tegangan di Busbar 2 70 kV. Sunyaragi mengirim ke gardu induk Arjawinangun, Babakan, Kuningan dan Kadipaten melalui gardu induk Arjawinangun menggunakan jaringan SUTT 70 kV.

Telah dilakukan simulasi tegangan di subsistem PT.PLN (Persero) TJBT UPT Cirebon ULTG Cirebon dengan metode memonitor tegangan di bus Sunyaragi saat kondisi sistem normal dan PMT bay Arjawinangun 2 di GI Sunyaragi di keluarkan dari sistem dan mengeluarkan beberapa PMT yang ada di subsistem ULTG Cirebon yang di mana PMT bay Arjawinangun 2 masih dalam kondisi keluar dari sistem, hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 5:

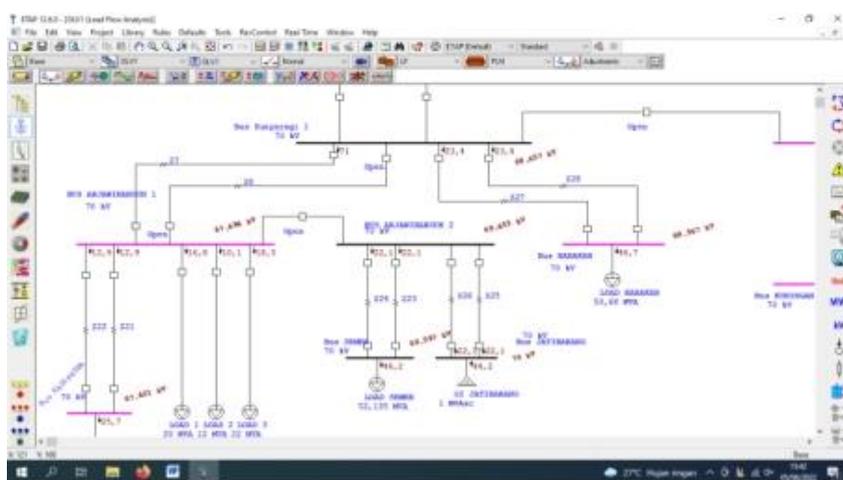


Gambar 5, Sub sistem Gardu Induk Sunyaragi

1. Subsistem dalam keadaan normal dan selanjutnya PMT bay Arjawinangun 2 dikeluarkan.



Gambar 6, Tegangan bus 1 Sunyaragi keadaan normal



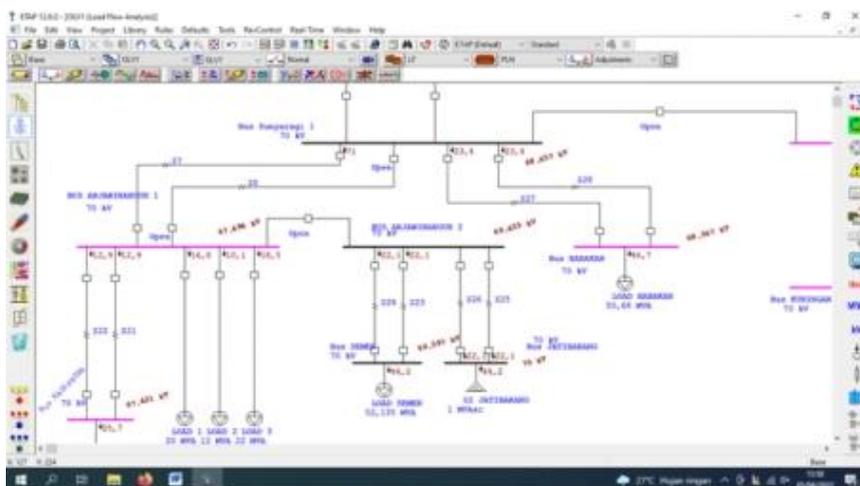
Gambar 7, Tegangan bus 1 Sunyaragi PMT arjwn 2 di keluarkan

Tabel 2, Hasil simulasi 1

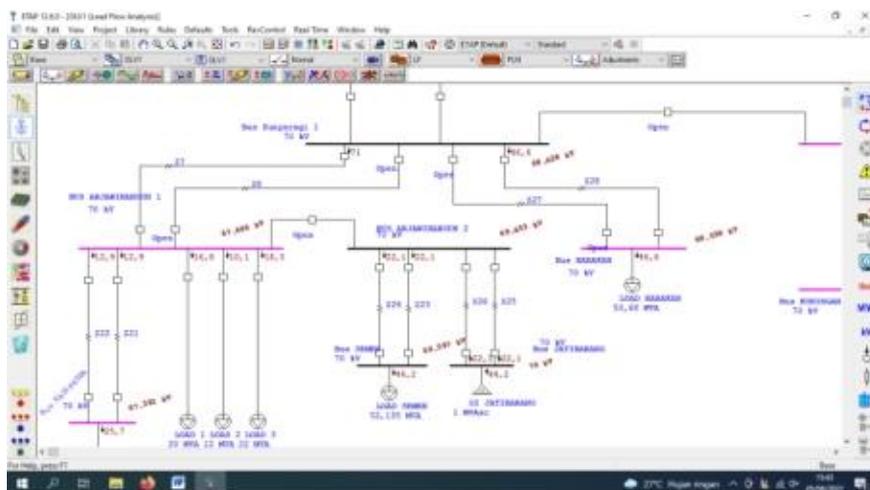
No.	Bus	Tegangan Normal	PMT Keluar	PMT yang Terganggu	Tegangan saat Simulasi	Selisih	Beban Normal/Bay	IN Simulasi
1	Sragi 1	68, 711 KV	PMT Arah Arjwn 2	-	68, 657 KV	355,1 kV	355,1 A	713,7 A
2	Arjwn 1	68, 236 KV	PMT Arah Sragi 2	-	67, 696 KV	355,1 kV	355,1 A	713,7 A

Dengan melihat hasil pada Tabel 2 bahwa apabila sistem dalam keadaan normal dan PMT arah Arjawinangun 2 dikeluarkan, tegangan yang terbaca di bus Sunyaragi 1 adalah 68,699 kV, selisih tegangan adalah 0,054 kV. Bus Arjawinangun 1 keadaan normal terbaca 68,236 kV dan PMT Sragi 1 dikeluarkan terbaca di bus Arjawinangun 1 adalah 67,696 kV, selisih tegangan 0,0540 kV. Arus nominal penghantar tersebut 930 A per penghantar. Disimpulkan bahwa sistem SUTT Sunyaragi – Arjawinangun ketika salah satu Line padam, masih dalam batas aman dari Arus nominal dan naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal dengan catatan adanya pengurangan beban di Gi Kadipaten.

1. Sub sistem dalam keadaan PMT bay Arjawinangun 2 masih kondisi keluar, dan selanjutnya PMT Bay Babakan 1 di GI Sunyaragi terjadi gangguan.



Gambar 8, Tegangan bus 1 Sunyaragi sebelum PMT BBKN 1 gangguan



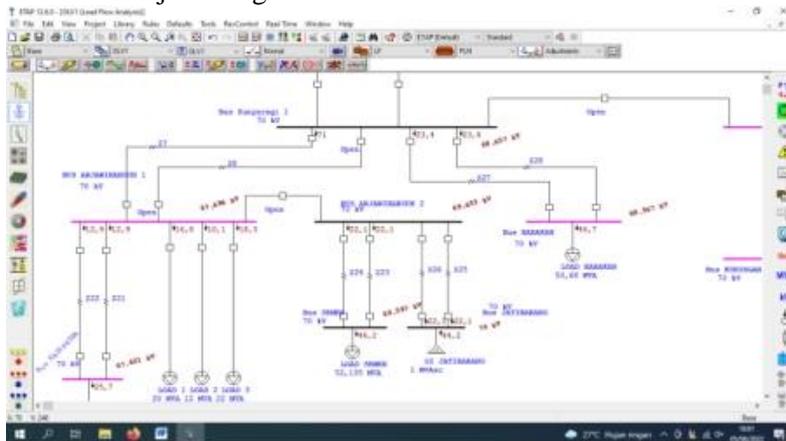
Gambar 9, Tegangan bus 1 Sunyaragi PMT BBKAN 1 terjadi gangguan

Tabel 3 Hasil simulasi 2

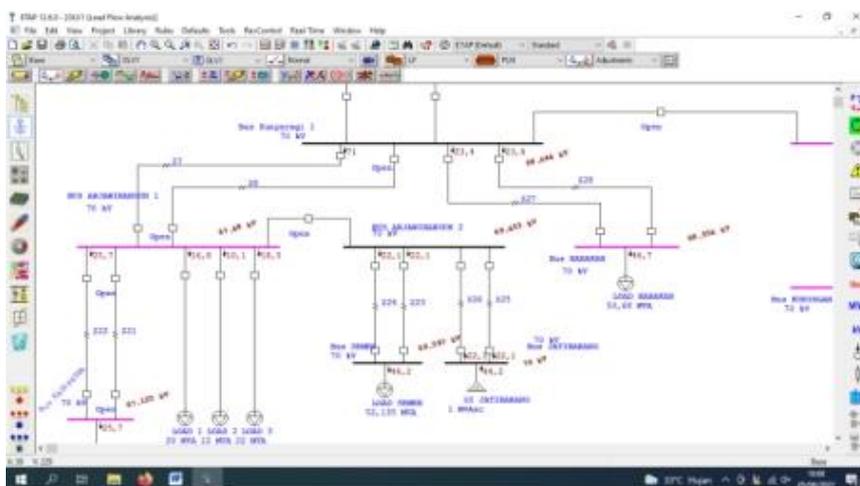
No	Bus	Tegangan Normal	PMT Keluar	PMT yang Terganggu	Tegangan saat Simulasi	Selisih	Beban		IN
							Normal/B ay	Simulasi	
1	Sragi 1	68, 657 KV	PMT Arjwn 2	PMT Bbkn 1 GI Sragi	68, 628 KV	0,029 kV	211,9 A	452,3 A	440 A
2	BBKN	68, 367 KV	PMT Sragi 2	PMT Sragi 1 GI Bbkn	68, 038 KV	0,329 kV	211,9 A	452,3 A	

Dengan melihat hasil pada Tabel 3 bahwa apabila sistem dalam keadaan normal dan PMT arah Arjawinangun 2 kondisi keluar, lalu terjadi gangguan di bus lain (PMT arah Bbkn 1 GI Sragi) tegangan yang terbaca di bus Sunyaragi 1 adalah 68,628 kV, selisih tegangan adalah 0,029 kV. Bus Babakan keadaan normal terbaca 68,367 kV dan PMT Sragi 1 trip terbaca di bus Babakan adalah 68,038 kV, selisih tegangan 0,329 kV dan disimpulkan bahwa sistem masih dalam batas aman (naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal). Arus nominal penghantar tersebut 440 A, ketika salah satu Line padam atau terjadi gangguan maka N-1 per penghantar tidak terpenuhi. Dengan catatan salah satu Line bisa padam yakni melakukan pengurangan Beban disisi Distribusi.

1. Sub sistem dalam keadaan PMT bay Arjawinangun 2 masih kondisi keluar, dan selanjutnya PMT Bay Kadipaten 1 di GI Arjawinangun dikeluarkan.



Gambar 10, Tegangan bus 1 Arjawinangun sebelum PMT Kdptn gangguan



Gambar 11, Tegangan bus 1 Arjawinangun PMT Kdptn terjadi gangguan

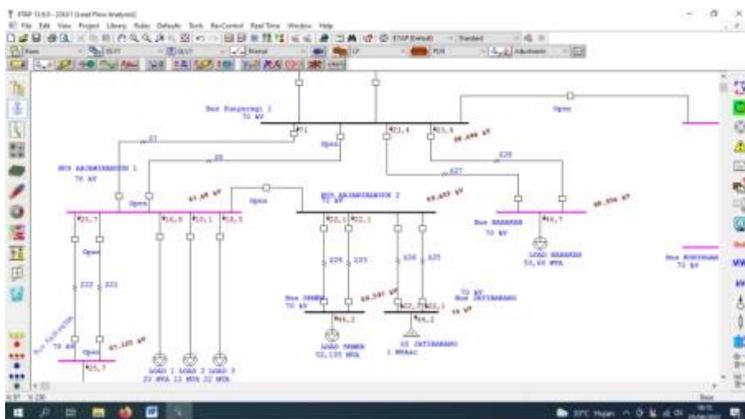
Tabel 4, Hasil simulasi 3

No.	Bus	Tegangan Normal	PMT Keluar	PMT yang Terganggu	Tegangan saat Simulasi	Selisih	Beban Normal/ Bay	Beban Simulasi	IN
1	Arjwn 1	67,696 KV	PMT Arah Arjwn 2	PMT Kdptn 1 GI Arjwn	67,68 KV	0,016 kV	129 A	259.8 A	380 A
2	Kdptn	67,421 KV	PMT Arah Sragi 2	PMT Arjwn 1 GI Kdptn	67,125 KV	0,296 kV	129 A	259.8 A	

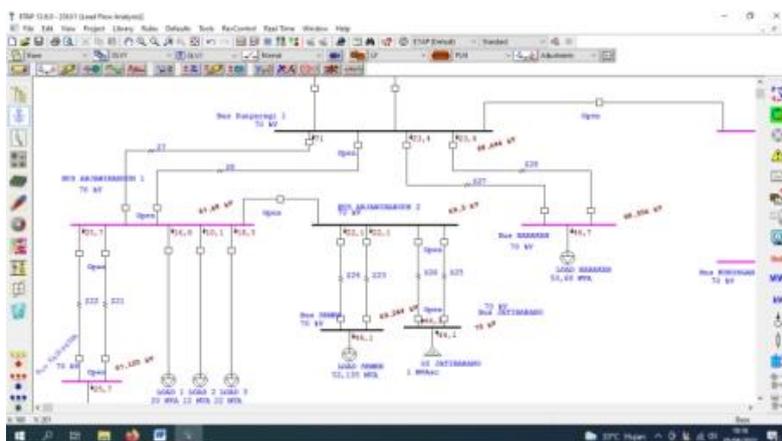
Dengan melihat hasil pada Tabel 4 bahwa apabila sistem dalam keadaan normal dan PMT arah Arjawinangun 2 kondisi keluar, lalu terjadi gangguan di bus lain (PMT arah kadipaten 1 GI Arjwn) tegangan yang terbaca di bus Arjwn 1 adalah 67,68 kV, selisih tegangan adalah 0,016 kV. Bus Kadipaten keadaan normal terbaca 67,421 kV dan PMT Arjwn 1 trip terbaca di bus Kadipaten adalah 67,125 kV selisih tegangan adalah 0,296 kV. Arus nominal penghantar tersebut 380 A per penghantar. Disimpulkan bahwa sistem SUTT

Arjawinangun – Kadipaten ketika salah satu Line padam, masih dalam batas aman dari Arus nominal dan naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal.

1. Subsystem dalam keadaan PMT bay Arjawinangun 2 masih kondisi keluar, dan selanjutnya PMT Bay Jatibarang 1 di GI Arjawinangun terjadi gangguan.



Gambar 12, Tegangan bus 2 Arjawinangun sebelum PMT Jtbrg 1 gangguan



Gambar 13, Tegangan bus 2 Arjawinangun PMT Jtbrg 1 terjadi gangguan

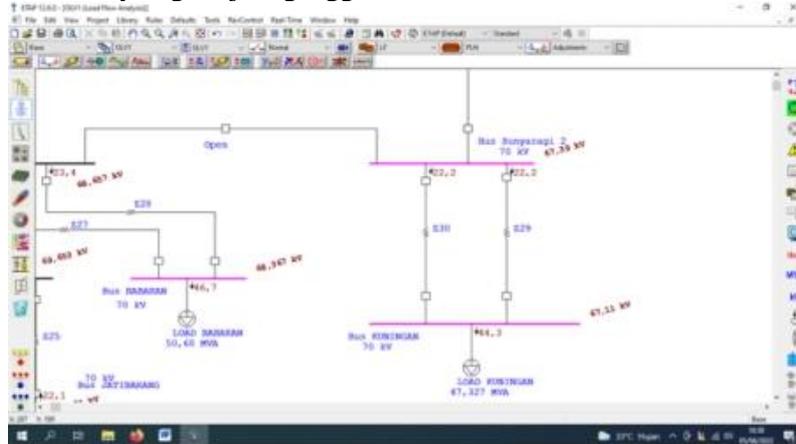
Tabel 5 Hasil simulasi 4

No	Bus	Tegangan Normal	PMT Keluar	PMT yang Terganggu	Tegangan saat Simulasi	Selisih	Beban		IN
							Normal/Bay	Simulasi	
1	Arjwn 2	69, 653 KV	PMT Arah Arjwn 2	PMT Jtbrg 1 GI Arjwn	69,3 KV	0,353 kV	215.7 A	432,8 A	380 A
2	Semen	69, 597 KV	PMT Arah Sragi 2	PMT Arjwn 1 GI Jtbrg	69,244 KV	0,353 kV	215.7 A	432,8 A	

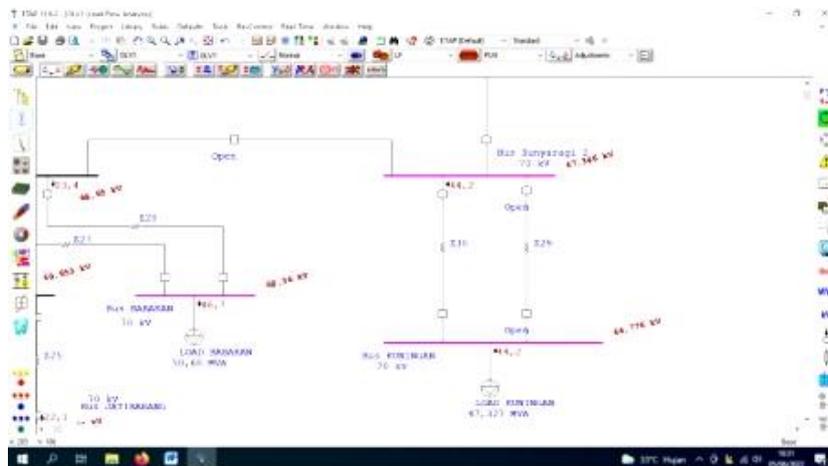
Dengan melihat hasil pada Tabel 5 bahwa apabila sistem dalam keadaan normal dan PMT arah Arjawinangun 2 kondisi keluar, lalu terjadi gangguan di bus lain (PMT arah Jtbrg 1 GI Arjwn) tegangan yang terbaca di bus Arjwn 2 adalah 69.3 kV, selisih tegangan adalah 0,353 kV. Bus semen keadaan normal terbaca 69,597 kV dan PMT Jtbrg 1 trip terbaca di bus Arjawinangun adalah 69,244 kV selisih tegangan adalah 0,353 kV. Arus nominal penghantar tersebut 440 A perpenghantar. Disimpulkan bahwa sistem SUTT

Arjawinangun – Semen ketika salah satu Line padam, masih dalam batas aman dari Arus nominal dan naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal.

- Subsistem dalam keadaan PMT bay Arjawinangun 2 masih kondisi keluar, dan selanjutnya PMT Bay Kuningan 1 di GI Sunyaragi terjadi gangguan.



Gambar 14, Tegangan bus 2 Sunyaragi sebelum PMT Kngn 1 gangguan



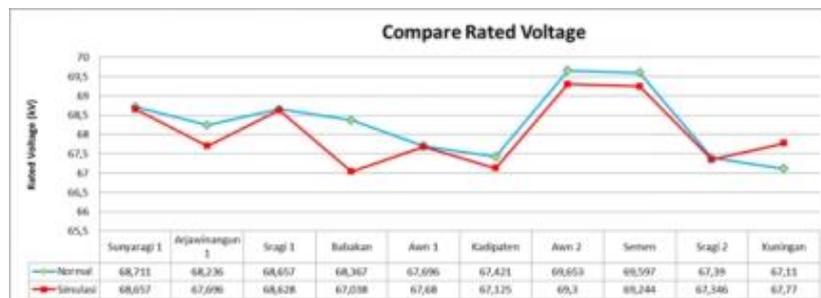
Gambar 15, Tegangan bus 2 Sunyaragi PMT Kuningan 1 terjadi gangguan

Tabel 6, Hasil simulasi 5

No	Bus	Tegangan Normal	PMT Keluar	PMT yang Terganggu	Tegangan saat Simulasi	Selisih	Beban		IN
							Normal/Bay	Simulasi	
1	Sragi 2	67,39 KV	PMT Arahn Arjwn 2	PMT Kngn 1 GI Sragi	67,346 KV	0,044 kV	204,9 A	411,1 A	440 A
2	Kngn	67,11 KV	PMT Arahn Sragi 2	PMT Sragi 1 Kngn	66,776 KV	0,344k V	204,9 A	411,1 A	

Dengan melihat hasil pada Tabel 6 bahwa apabila sistem dalam keadaan normal dan PMT arah Arjawinangun 2 dikeluarkan, lalu terjadi gangguan di bus lain (PMT arah Kngn 1 GI Sragi) tegangan yang terbaca di bus Sragi 2 adalah 67,346 kV, selisih tegangan adalah 0,044 kV. Bus Kngn keadaan normal

terbaca 67,11 kV dan PMT Sragi 1 trip terbaca di bus Kuningan adalah 66,776 kV selisih tegangan adalah 0,344 kV. Arus nominal penghantar tersebut 440 A perpenghantar. Disimpulkan bahwa sistem SUTT Sunyaragi – Kuningan ketika salah satu Line padam, masih dalam batas aman dari Arus nominal dan naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal.



Gambar 16 Grafik Compare Rated Voltage

Keterangan :

- Hasil simulasi 1 Bus Sunyaragi 1 dan Bus Arjawinangun 1
- Hasil simulasi 2 Bus Sunyaragi 1 dan Bus Babakan
- Hasil simulasi 3 Bus Arjawinangun 1 dan Bus Kadipaten
- Hasil simulasi 4 Bus Arjawinangun 2 dan Bus Semen
- Hasil simulasi 5 Bus Sunyaragi 2 dan Bus Kuningan

1. Hasil simulasi 1

Bus Sunyaragi 1 memiliki 4 Bay penghantar yaitu Bay Arjawinangun 1, Arjawinangun 2, Babakan 1 & Babakan 2 (Kopel 70kV kondisi normal posisi keluar). Saat dilakukan manuver Bay Arjawinangun 2 terkait pekerjaan Overhaul PMT di Gardu induk Sunyaragi, maka dengan itu system beroperasi dengan satu sirkit atau satu penghantar dengan beban normal sebelum dilakukan manuver 355.1 Ampere 35.6 MW 22.7 Mvar. Setelah dilakukan manuver beban menjadi 713.7 Ampere 71 MW 46.5 Mvar dengan Arus nominal penghantar Sunyaragi - Arjawinangun 930 Ampere. Dengan melihat dari hasil simulasi 1 untuk tegangan normal di Bus Sunyaragi 68,711 kV dan setelah dilakukan simulasi menggunakan software ETAP 12.6 menjadi 68,657 selisih 0,054 kV sedangkan di Bus Arjawinangun 1 68,236 kV menjadi 67,696 selisih 0,540 kV.

2. Hasil simulasi 2

Penghantar Arjawinangun 2 di GI Sunyaragi kondisi masih keluar dari system, di Penghantar Babakan 1 GI Sunyaragi terjadi gangguan dengan beban sebelum terjadi gangguan 211.9 Ampere 23.4 MW 9.5 Mvar dan setelah gangguan beban menjadi di pikul satu sirkit 452.3 Ampere 46.6 MW 19 Mvar dengan arus nominal penghantar Sunyaragi – Babakan 440 Ampere. Hasil simulasi 1 untuk tegangan normal di Bus sunyaragi 68,657 kV setelah dilakukan simulasi 68,628 kV selisih 0,029 kV dan tegangan normal di Bus Babakan terbaca 68,367 kV menjadi 67,038 kV selisih 0,329 kV.

3. Hasil simulasi 3

Dilakukan manuver penghantar Arjawinangun – Kadipaten 1 dengan kondisi penghantar Arjawinangun 2 masih keluar di Gardu Induk Sunyaragi. Beban perpenghantar arjawinangun – kadipaten sebelum manuver 129 Ampere 12.9 MW 8.1 Mvar, setelah dilakukan manuver 259.8 Ampere 25.7 MW 16.4 Mvar dengan arus nominal 380 Ampere. Tegangan normal di Bus Arjawinangun 1 sebelum manuver 67,696 kV menjadi 67,68 kV setelah dilakukan manuver selisih 0,016 kV dan di Bus Kadipaten 67,421 kV menjadi 67,125 kV selisih 0.296 kV.

4. Hasil simulasi 4

Kondisi penghantar Arjawinangun 2 di GI Sunyaragi masih keluar. Penghantar Arjawinangun – Jatibarang terhubung di Busbar 2 di Gardu Induk Arjawinangun dan Jatibarang sebagai suplai ke

Arjawinangun. Beban sebelum dilakukan manuver penghantar Arjawinangun – Jatibarang 1 215.7 Ampere 22.1 MW 14 Mvar dan setelah manuver beban dipikul satu sirkit menjadi 432.8 Ampere 44.1 MW 28.4 Mvar dengan arus nominal penghantar 440 Ampere. Dengan ini N-1 penghantar tidak terpenuhi serta bisa mengakibatkan penghantar lain seperti GI semen yang sebagai SKTT (Saluran Konsumen Tegangan Tinggi) hilang tegangan yang terhubung di busbar 2 GI Arjawinangun. (Catatan ketika ada pekerjaan di sisi Sunyaragi untuk penghantar seperti Arjawinangun – Jatibarang tidak bisa padam bersamaan).

5. Hasil simulasi 5

Saat dilakukan manuver penghantar Sunyaragi – Kuningan 1 maka beban pindah ke penghantar Sunyaragi – Kuningan 2. Beban sebelum 204.9 Ampere 22.2 MW 9 Mvar dengan arus nominal penghantar 440 Ampere. Tegangan normal di Bus Sunyaragi 67,39 kV setelah dilakukan manuver 67,346 kV dan tegangan di bus Kuningan 67,11 kV menjadi 66,776 kV.

Disimpulkan bahwa dari hasil simulasi 1,2,3,4 dan 5 untup drop tegangan tidak terlalu jauh selisihnya naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal dan harus diketahui beban sebelum melakukan manuver untuk mengetahui perhitungan beban ketika dipikul satu penghantar supaya tidak terjadi hal – hal yang tidak diinginkan.

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan simulasi tegangan dan melihat dari hasil pengujian pasca overhaul, dapat disimpulkan bahwa: Dari hasil penganalisan didapati bahwa kondisi sistem kelistrikan PT.PLN (Persero) Gardu Induk Sunyaragi 150 kV masih dalam kondisi baik karena tidak melebihi batas toleransi yang diperbolehkan untuk suatu nilai tegangan adalah naik 5%, turun 10% dari tegangan nominal. Berikut hasil simulasi 1 sampai dengan simulasi 5 : Dari hasil simulasi 1 untuk drop tegangan masih aman dan ketika line 2 padam, beban line 1 melebihi 80% maka dari itu line 2 bisa padam dengan catatan adanya pengurangan beban di GI Kadipaten. Dari hasil simulasi 2 untuk drop tegangan masih aman dan ketika line 1 padam, beban line 2 melebihi 100% maka dari itu salah satu line bisa padam dengan catatan adanya pengurangan beban di GI Babakan. Dari hasil simulasi 3 untuk drop tegangan masih aman dan ketika line 1 padam, beban line 2 masih dibawah 80% maka dari itu ketika line 1 padam, line 2 mampu memikul atau menopang beban tersebut. Dari hasil simulasi 4 untuk drop tegangan masih aman dan ketika line 1 padam, beban line 2 melebihi 80% maka dari itu line 1 bisa padam dengan catatan adanya pengurangan beban di GI Arjawinangun dan pekerjaan dilaksanakan dihari libur untuk meminimalisir beban puncak. Dari hasil simulasi 5 untuk drop tegangan masih aman dan ketika line 1 padam, beban line 2 melebihi 80% maka dari itu line 2 bisa padam dengan catatan adanya pengurangan beban di GI Kuningan

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Subiyanta, M. F. Aldan, and M. Soleh, "Load Flow Analysis at Babakan Substations for Industry Growth Development Using ETAP Power Station 12.6 Software," *Mestro J. Tek. Mesin dan Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 14–18, 2022, doi: 10.47685/mestro.v5i01.376.
- [2] A. Siswanto, R. Alfian, and E. Subiyanta, "Analisis Kinerja Pms Rel 2 Bay Trafo 6 Menggunakan Thermovision Methode Di Gardu Induk Sunyaragi," *Foristek*, vol. 11, no. 2, 2021, doi: 10.54757/fs.v11i2.113.
- [3] A. Siswanto, N. M. Mucharomah, B. A. Ashad, and Y. A. Rahman, "Analysis of Lightning Disruption Reduction in HVAD Tower 70 kV Parallel Inductance Grounding using NA2XSY Cable in West Java," *INTEK J. Penelit.*, vol. 7, no. 1, pp. 18–25, Apr. 2020, doi: 10.31963/intek.v7i1.2092.
- [4] I. C. Gunadin, Z. Muslimin, and A. Siswanto, "Transient stability improvement using allocation power generation methods based on moment inertia," in *Proceedings - 2017 International Conference on Electrical Engineering and Informatics: Advancing Knowledge, Research, and Technology for Humanity, ICELTICS 2017*, 2017, pp. 147–152. doi: 10.1109/ICELTICS.2017.8253281.
- [5] I. C. Gunadin *et al.*, "Wind Speed Prediction in the area of PLTB Tolo Jenepono South Sulawesi using Artificial Neural Network," in *Proceeding - 1st International Conference on Information*

Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering, ICITAMEE 2020, 2020, pp. 106–110. doi: 10.1109/ICITAMEE50454.2020.9398419.

- [6] B. A. Ashad, I. C. Gunadin, A. Siswanto, and Yusran, “Early Warning Condition Transient Stability on South Sulawesi System using Extreme Learning Machine,” in *Proceedings - 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology: Internet of Things for Industry, EIconCIT 2018*, 2018, pp. 143–146. doi: 10.1109/EIconCIT.2018.8878568.
- [7] A. Siswanto, A. Sumardiono, and E. Prihastuty, “Design Fuzzy Logic Controller PSS (Power System Stabilizer) to Stability Improvement of Wind Turbine Penetrated on South Sulawesi Transmission System,” 2020, pp. 234–239. doi: 10.5220/0009009002340239.
- [8] M. Rosyadi, A. Siswanto, and R. Irmawanto, “Comparison Analysis of Virtual Inertia Control Methods for Smoothing Power Production of Grid Connected Wind Farm on a Power System,” in *Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, 2022, pp. 162–167. doi: 10.1109/ICELTICs56128.2022.9932095.
- [9] Y. A. Rahman, M. Pamuso, R. Fauzi, And A. Siswanto, “Performansi Grid Tie Inverter dengan Variasi Pembebanan pada PV-on Grid Module Trainer,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 2, p. 287, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i2.287.
- [10] A. Budi Laksono and Z. Abidin, “Analisis Aliran Daya dan Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Sistem Multi Mesin dengan ETAP,” *JE-Unisla*, vol. 5, no. 1, p. 297, 2020, doi: 10.30736/je.v5i1.423.
- [11] I. B Sulistiawati, I. Made Wartana, and C. Setiawan, “Analisis Performa Interkoneksi PLTS Pada Sistem Kelistrikan 20 kV Lombok Nusa Tenggara Barat,” *J. FORTECH*, vol. 4, no. 2, pp. 9–17, Dec. 2023, doi: 10.56795/fortech.v4i2.4202.