

# SIMULASI INTERKONEKSI PLTS APUNG DI DANAU BATUR DENGAN PENYULANG KINTAMANI

I Kadek Bagus Jaya Kusuma<sup>1</sup>, I Nyoman Satya Kumara<sup>2</sup>, I Nyoman Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kec. Kuta Sel, Kabupaten Badung, Bali 80361

bagusjayakusuma@student.unud.ac.id

## ABSTRAK

Danau Batur memiliki potensi untuk dibangun sebuah PLTS apung guna memperbaiki gangguan *voltage drop*. Penulis menggunakan 3 skenario dengan menggunakan analisa aliran daya dan analisa transien pada setiap skenario pada Penyulang Kintamani. Skenario 1 dengan kapasitas PLTS apung 10 MW memiliki dampak positif dengan dapat menaikkan nilai tegangan busbar namun terdapat kondisi *reverse power* atau daya balik yang dapat mengganggu sistem tenaga listrik pada Gardu Induk Payangan. Skenario 2 dengan kapasitas PLTS apung 1,2 MW memiliki dampak positif dengan dapat menaikkan nilai tegangan dan tidak mengakibatkan *reverse power* pada GI Payangan. Skenario 3 dengan kapasitas PLTS apung 3 MW memiliki dampak positif dengan dapat menaikkan nilai tegangan dan tidak mengakibatkan *reverse power* pada GI Payangan. Saat PLTS apung kehilangan produksi daya mengakibatkan adanya penurunan nilai tegangan, kemudian sistem kembali stabil.

**Kata kunci** : Analisa Aliran Daya, Analisa Transien, Penyulang Kintamani, PLTS Apung

## ABSTRACT

*Lake Batur has the potential to build a floating solar power plant to improve voltage drop disturbances. The author uses three scenarios using power flow analysis and transient analysis for each scenario in Kintamani. Scenario 1 with a floating solar power plant capacity of 10 MW has a positive impact by increasing the busbar voltage value but there are reverse power conditions that can disrupt the power system at the Payangan Substation. Scenario 2 with a floating PLTS capacity of 1.2 MW has a positive impact by increasing the voltage value and does not cause reverse power at Payangan Substation. Scenario 3 with a floating PLTS capacity of 3 MW has a positive impact by being able to increase the voltage value and does not result in reverse power at Payangan GI. When the floating solar power plant loses power production, it causes a decrease in voltage value, then the system stabilizes again.*

**Key Words** : Power loss, Optimization, Capacitor, Ant Colony Optimization

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit EBT dapat memberikan dampak pada sistem tenaga listrik. Salah satu yakni PLTS apung yang merupakan pembangkit listrik tenaga surya yang diimplementasikan pada permukaan air [1]. Interkoneksi PLTS dengan jaringan distribusi memiliki pengaruh berupa peningkatan kualitas jaringan distribusi yang meliputi, aliran daya, perbaikan pada profil tegangan, dan peningkatan keandalan [2].

Penyulang Kintamani dengan konfigurasi radial sepanjang 244.734 kms dan dengan beban puncak siang pada bulan

Seotember tahun 2022 sebesar 4,9 MW. Penyulang Kintamani memperoleh suplai daya dari GI Payangan yang berlokasi sangat jauh dengan lokasi Penyulang Kintamani. Hal tersebut dapat menyebabkan gangguan *voltage drop*. Konfigurasi radial pada Penyulang kintamani juga dapat menyebabkan gangguan jatuh tegangan yang melewati standar batas dari PLN. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk dapat memperbaiki *voltage drop* adalah dengan pemasangan *distributed generation*. Pemasangan *distributed generation* berupa PLTS apung di Danau Batur dapat berdampak baik pada

Penyulang Kintamani yang dapat terhubung secara dekat tanpa mengalami gangguan *voltage drop*.

Oleh karena itu, kajian tentang dampak penyambungan PLTS apung dengan Penyulang Kintamani perlu dilakukan simulasi aliran daya dan simulasi transien yang berdasarkan 3 buah skenario penyambungan yang berdasarkan besaran kapasitas PLTS. Dengan tahapan penelitian yang dimulai dari observasi dan survey Penyulang Kintamani existing. Dalam simulasi penyambungan PLTS apung dengan Penyulang Kintamani dilakukan dalam 3 buah skenario yakni, pemanfaatan penuh sesuai PERDIR PLN No. 0357 Tahun 2014 sebesar 10 MW [2], kapasitas sebesar agregat 25% dari beban puncak siang penyulang, dan kapasitas sebesar agregat 25% dari kapasitas penyulang. Seluruh kapasitas tersebut dirancang oleh Christian Oswald Mangatur dengan judul Studi Potensi dan Perancangan PLTS Apung di Danau Batur Guna Mendukung Bali *Clean Energy* pada *capstone project* Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Apung di Danau Batur Guna Menurunkan Nilai *Voltage Drop* pada Penyulang Kintamani dan Mendukung Bali *Clean Energy* [3].

## 2. METODE OPTIMASI

### 2.1 Distributed Generation

*Distributed Generation* (DG) merupakan suatu sistem pembangkitan sistem tenaga listrik yang terhubung secara langsung dengan jaringan distribusi tegangan menengah, berdaya kecil yang dibangkitkan dekat dengan beban [1].

### 2.2 Jaringan Distribusi

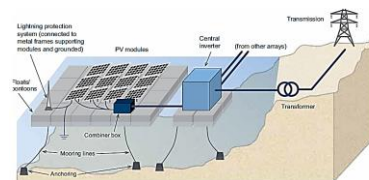
Jaringan distribusi merupakan suatu jaringan atau saluran yang menghubungkan sistem tenaga listrik dari GI menuju beban atau konsumen. Jaringan distribusi di Indonesia terdiri dari Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). JTM merupakan jaringan yang menyalurkan sistem tenaga listrik sebesar 20 kV menuju pelanggan seperti

industri besar [4]. JTR merupakan penyaluran sistem tenaga listrik dari gardu distribusi menuju beban atau sambungan beban (SR). Tegangan operasi JTR sebesar 220/380 V [5].

### 2.3 Sistem Konfigurasi Distribusi Radial

Sistem konfigurasi distribusi radial merupakan konfigurasi distribusi yang paling sederhana serta mudah dalam pengaplikasiannya. Karakteristik konfigurasi radial yakni saluran yang dekat dengan sumber tenaga maka arus tersebut arus terbesar. [6].

### 2.4 PLTS Apung



Gambar 1. Skematik PLTS Apung Skala Utilitas [8]

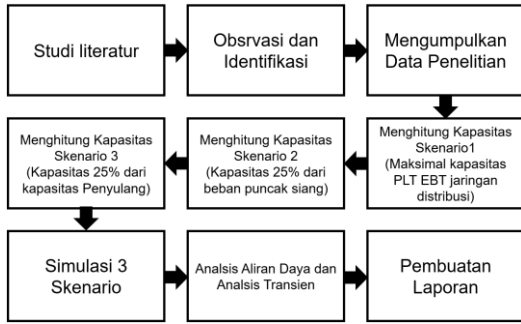
PLTS merupakan teknologi merubah Cahaya matahari menjadi tenaga listrik [7]. PLTS terapung merupakan suatu pengaplikasian PLTS yang dipasang secara terapung di atas badan air seperti waduk, bendungan hidroelektrik, area kolam industry, area pengelolaan air buangan (*water treatment ponds*), danau, dan lain sebagainya [8].

### 2.5 Aliran Daya (Load Flow)

Dalam jaringan sistem distribusi perlu adanya analisa aliran daya yang bertujuan untuk mengetahui kondisi sistem tenaga listrik atau kondisi profil tegangan dalam keadaan normal ataupun keadaan abnormal, baik itu sistem sedang berjalan maupun dimasa yang akan datang [9].

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di jaringan distribusi Penyulang Kintamani 20 kV dari Bulan Januari 2023 hingga Bulan Mei 2023. Data sekunder meliputi dari hasil perancangan skenario kapasitas PLTS apung di Danau Batur [3], PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur, PT PLN (Persero) ULP Bangli, dan PT PLN (Persero) UP2D Bali.



Gambar 2. Diagram Penelitian

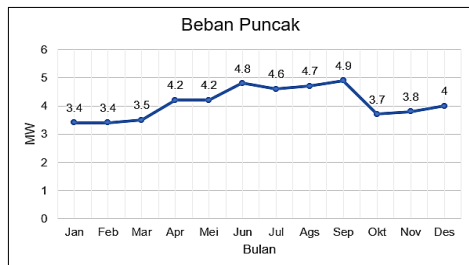
Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dampak penyambungan hasil perancangan antara PLTS terapung yang berkapasitas 10 MW, 1,2 MW, dan 3 MW dengan Penyulang Kintamani dan dampaknya terhadap aliran daya yang dihasilkan dan nilai tegangan setiap busbar.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Penyulang Kintamani Existing

Tabel 1. Beban Puncak Siang Tahun 2022 Penyulang Kintamani [10]

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
Beban Puncak	3,4	3,4	3,5	4,2	4,2	4,8	4,6	4,7	4,9	3,7	3,8	4,0



Gambar 3. Grafik Beban Puncak Bulan September Tahun 2022 [10]

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT PLN UP3 Bali Timur, Penyulang Kintamani memiliki beban puncak siang tahunan tahun 2022 yang dapat dilihat pada Tabel 1 [9]. Penyulang Kintamani memiliki beban puncak tertinggi pada Bulan September sebesar 4,9 MW. Berdasarkan hasil simulasi Penyulang Kintamani existing pada tahun 2022 terlihat beberapa nilai tegangan pada setiap busbar-busbar mengalami kondisi *undervoltage*. Kondisi tersebut tidak dianjurkan oleh PT PLN dan tidak sesuai dengan regulasi SPLN 1:1995 tentang tegangan operasi sistem distribusi 20 kV sebesar +5% dan -10% [11].

Tabel 2. Aliran Daya Penyulang Kintamani Kondisi Existing

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani Existing			
	Tegangan (kV)			Kondisi
	Nominal	%Mag	Operasi	
GH Kintamani	20	89,901	17,98	Under voltage
Bus 475	20	85,859	17,17	Under voltage
Bus 140	20	83,831	16,76	Under voltage

Terlihat pada Tabel 2 bahwa busbar-busbar pada Penyulang Kintamani menunjukkan hasil yang tidak andal dengan keterangan *undervoltage*, sehingga kondisi tersebut dapat mengakibatkan gangguan pada sistem tenaga listrik pada Penyulang Kintamani.

##### 4.2 Aliran Daya

Berdasarkan Peraturan Direksi PT PLN (Persero) No. 0064.P/Dir/2019 dan Keputusan Direksi No.0357.K/Dir/2014 [2] mengenai Pedoman Penyambungan PLT EBT ke Sistem Distribusi PT PLN (Persero) menyampaikan bahwa maksimal kapasitas PLT EBT yang dapat terhubung dengan jaringan distribusi sebesar 10 MW dari daya inverter. Dalam desain PLTS sebaiknya menggunakan DC/AC/rasio sebesar 1,2 [11]. Dengan demikian PLTS apung pada skenario menggunakan kapasitas modul surya sebesar 1,2 MWp dan inverter sebesar 10 MW. PLTS apung akan beroperasi pada pukul 07:00, 12:00, and 17:00 yang berdasarkan besaran beban dan iradiasi matahari pada pukul tersebut.

Tabel 3. Besaran Daya Beban dan Iradiasi pada Penyulang Kintamani

Pukul	Beban (MW)	Iradiasi (W/m <sup>2</sup> )
07:00	4,90	274
12:00	3,92	893
17:00	4,42	92

##### 4.3 Aliran Daya PLTS Apung Skenario I

Tabel 4. Aliran Daya pada Pukul 07:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	18,86	Normal
Bus 140	16,76	Undervoltage	18,48	Normal
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	19,09	Normal

Tabel 5. Aliran Daya pada Pukul 12:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	21,86	Overvoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	21,59	Overvoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	21,10	Overvoltage

Tabel 6. Aliran Daya pada Pukul 17:00

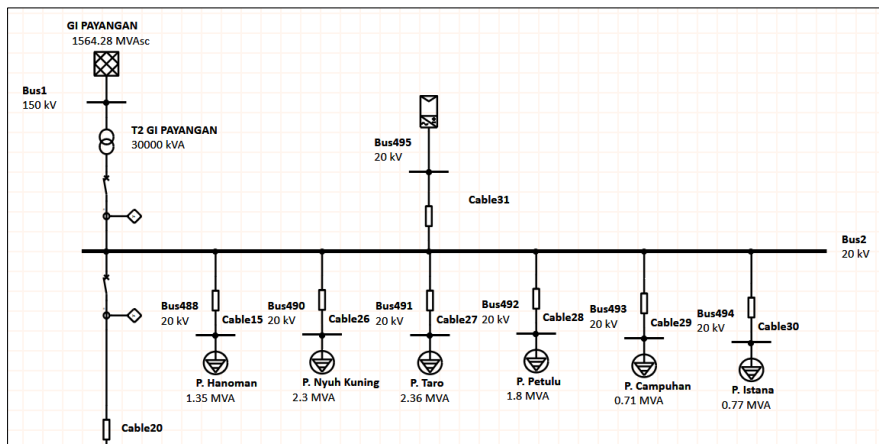
ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,58	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	17,23	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,30	Normal

PLTS apung 10 MW terinterkoneksi menghasilkan adanya perubahan nilai

tegangan pada Bus 475, Bus 140, dan Bus GH Kintamani mengalami kenaikan tegangan pada setiap busbar.

#### 4.4 Aliran Daya GI Payangan

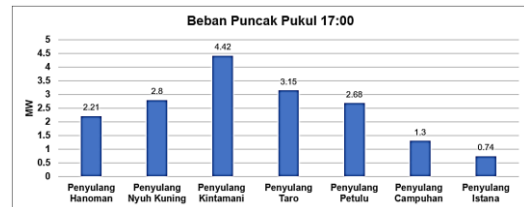
PLTS Apung 10 MW saat injeksi dengan Penyulang Kintamani mengalami kondisi *reverse power* yang dimana kondisi tersebut tidak dianjurkan oleh PT PLN (Persero) sesuai dengan Perdir PLN (Persero) No 0357 Tahun 2014 [2]. Dengan melihat kondisi tersebut maka PLTS apung 10 MW akan diinjeksikan menuju busbar 20 kV GI Payangan sebagai *express feeder*.



Gambar 4. Konfigurasi Express Feeder

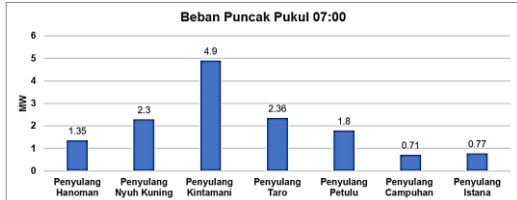
Tabel 7. Beban Puncak Siang Tahun 2022 [10]

Penyulang	Beban Puncak Siang (MW)		
	07:00	12:00	17:00
Penyulang Hanoman	1,35	2,33	2,21
Penyulang Nyuh Kuning	2,30	2,92	2,80
Penyulang Kintamani	4,90	3,92	4,42
Penyulang Taro	2,36	3,21	3,15
Penyulang Petulu	1,80	2,59	2,68
Penyulang Campuhan	0,71	1,30	1,30
Penyulang Istana	0,77	0,77	0,74



Gambar 5. Grafik Beban Puncak Tahun 2022

PLTS apung 10 MW pukul 07:00 menghasilkan daya sebesar 2.970 kW. Daya tersebut dialirkan secara langsung kepada ketujuh penyulang pada GI Payangan.



Tabel 8. Aliran Daya pada Pukul 07:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,11	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	16,70	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	17,92	Undervoltage

PLTS apung 10 MW pukul 12:00 menghasilkan daya sebesar 9.413 kW. Daya

tersebut dialirkan secara langsung kepada ketujuh penyulang pada GI Payangan.

Tabel 9. Aliran Daya pada Pukul 12:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,69	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	17,37	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,36	Undervoltage

PLTS apung 10 MW pukul 17:00 menghasilkan daya sebesar 0,13 kW. Daya tersebut dialirkan secara langsung kepada ketujuh penyulang pada GI Payangan.

Tabel 10. Aliran Daya pada Pukul 17:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	16,16	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	15,74	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	17,02	Undervoltage

#### 4.5 Aliran Daya PLTS Apung Skenario II

Tabel 11 Aliran Daya pada Pukul 07:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,41	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	17,00	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,13	Normal

Tabel 12. Aliran Daya Pada Pukul 12:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	18,57	Normal
Bus 140	16,76	Undervoltage	18,24	Normal
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,98	Normal

Tabel 13. Aliran Daya pada Pukul 17:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,00	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	17,14	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,22	Normal

PLTS apung 1,2 MW terinterkoneksi menghasilkan adanya perubahan nilai tegangan pada Bus 475, Bus 140, dan Bus GH Kintamani mengalami kenaikan tegangan pada setiap busbar.

#### 4.6 Aliran Daya PLTS Apung Skenario III

Tabel 14. Aliran Daya pada Pukul 17:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,87	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	17,48	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,44	Normal

Tabel 15. Aliran Daya pada Pukul 12:00

ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	19,73	Normal
Bus 140	16,76	Undervoltage	18,74	Normal
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	19,74	Normal

Tabel 16. Aliran Daya pada Pukul 17:00

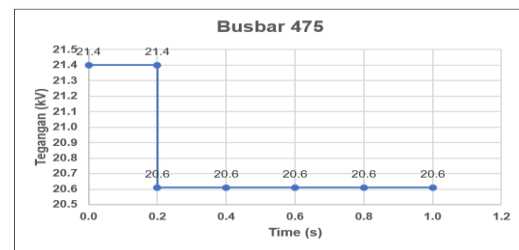
ID Bus	Kondisi Penyulang Kintamani			
	Kondisi Existing		Kondisi Terkoneksi PLTS Apung	
	Tegangan (kV)	Kondisi	Tegangan (kV)	Kondisi
Bus 475	17,17	Undervoltage	17,55	Undervoltage
Bus 140	16,76	Undervoltage	17,19	Undervoltage
GH Kintamani	17,98	Undervoltage	18,26	Normal

PLTS apung 3 MW terinterkoneksi menghasilkan adanya perubahan nilai tegangan pada Bus 475, Bus 140, dan Bus GH Kintamani mengalami kenaikan tegangan pada setiap busbar.

#### 4.7 Stabilitas Transien

Stabilitas transien dilakukan dengan adanya kondisi PLTS apung mengalami kehilangan produksi daya sebesar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% pada waktu  $t = 0,2$  s dari rentang waktu  $t = 1$  s.

#### 4.8 Stabilitas Transien Skenario I

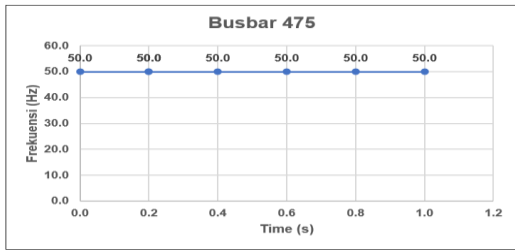


Gambar 6. Tegangan Bus 475

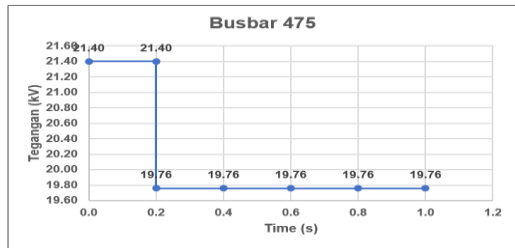
Gambar 8 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 21,4 kV menjadi 20,61 kV.

Gambar 9 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai

dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

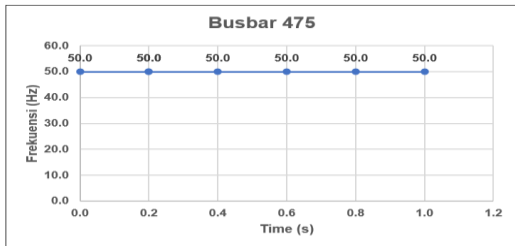


Gambar 7. Frekuensi Bus 475



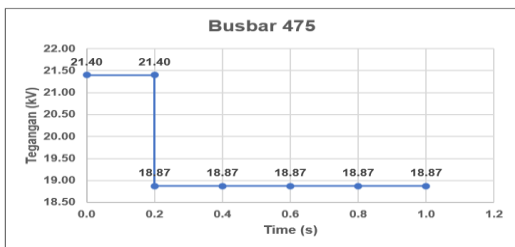
Gambar 8. Tegangan Bus 475

Gambar 10 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 21,4 kV menjadi 19,76 kV.



Gambar 9. Frekuensi Bus 475

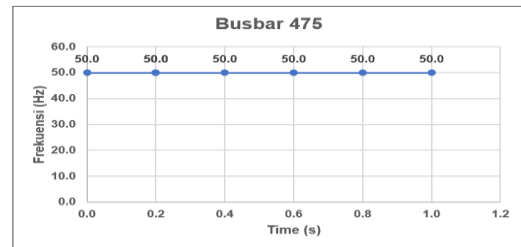
Gambar 11 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan



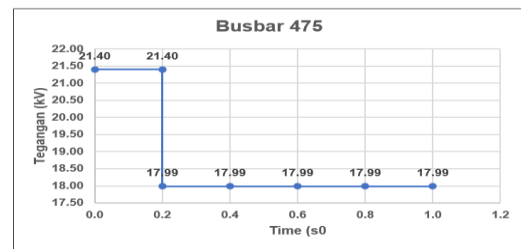
Gambar 10. Tegangan Bus 475

Gambar 12 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 21,4 kV menjadi 18,87 kV.

Gambar 13 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

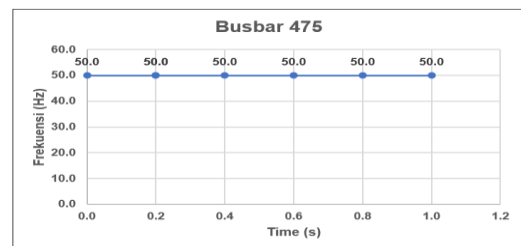


Gambar 11. Frekuensi Bus 475



Gambar 12. Tegangan Bus 475

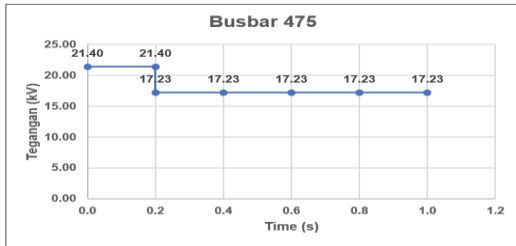
Gambar 14 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 21,4 kV menjadi 17,99 kV.



Gambar 13. Frekuensi Bus 475

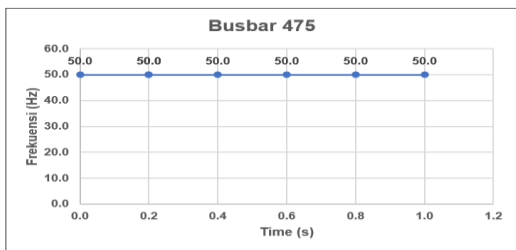
Gambar 15 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena

menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



Gambar 14. Tegangan Bus 475

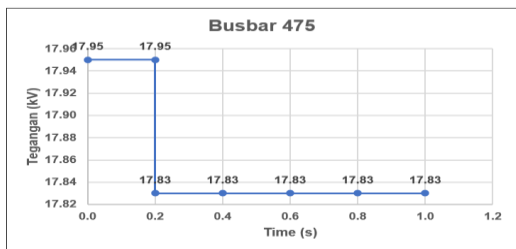
Gambar 16 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 21,4 kV menjadi 17,23 kV.



Gambar 15. Frekuensi Bus 475

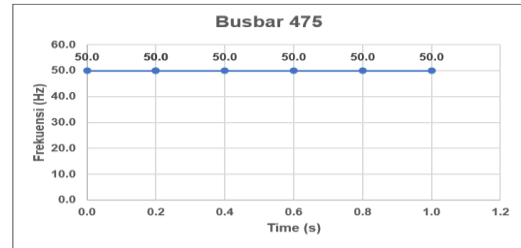
Gambar 17 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

#### 4.9 Stabilitas Transien Skenario II



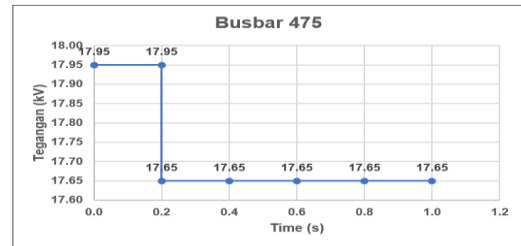
Gambar 16. Tegangan Bus 475

Gambar 18 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 17,95 kV menjadi 17,83 kV.



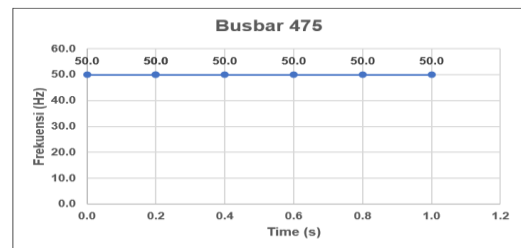
Gambar 17. Frekuensi Bus 475

Gambar 19 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



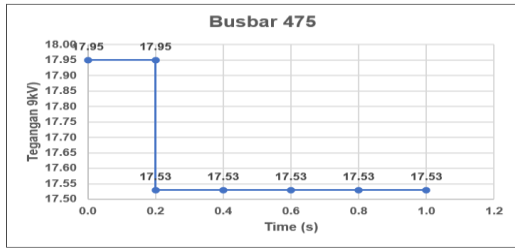
Gambar 18. Tegangan Bus 475

Gambar 20 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 17,95 kV menjadi 17,65 kV.



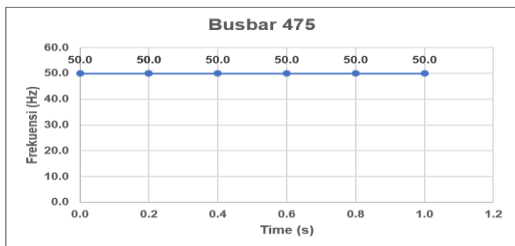
Gambar 19. Frekuensi Bus 475

Gambar 21 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



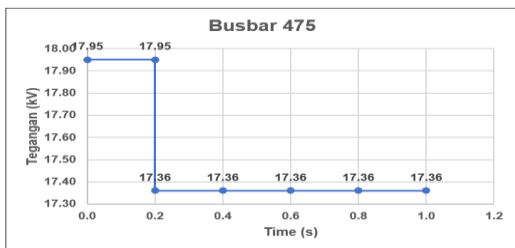
Gambar 20. Tegangan Bus 475

Gambar 22 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 17,95 kV menjadi 17,53 kV



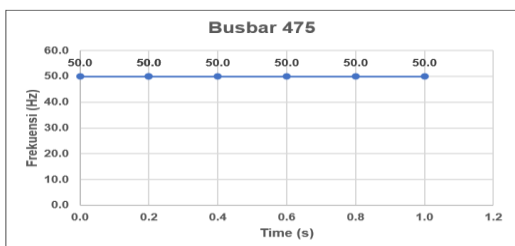
Gambar 21. Frekuensi Bus 475

Gambar 23 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



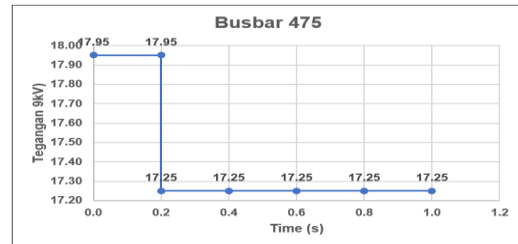
Gambar 22. Tegangan Bus 475

Gambar 24 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 17,95 kV menjadi 17,36 kV.



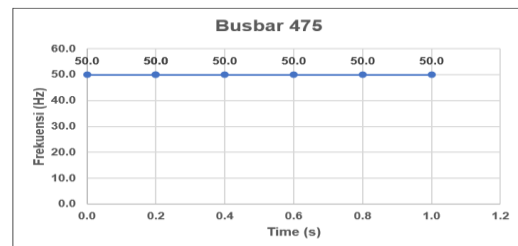
Gambar 23. Frekuensi Bus 475

Gambar 25 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



Gambar 24. Tegangan Bus 475

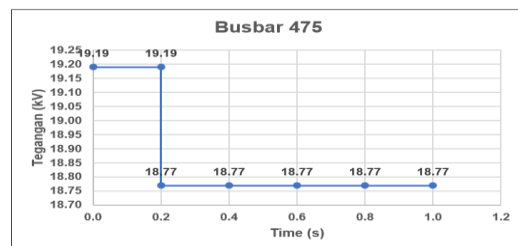
Gambar 26 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 17,95 kV menjadi 17,25 kV.



Gambar 25. Frekuensi Bus 475

Gambar 27 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

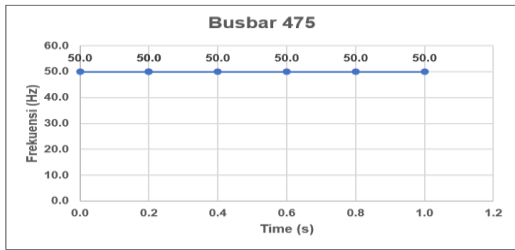
#### 4.10 Stabilitas Transien Skenario III



Gambar 26. Tegangan Bus 475

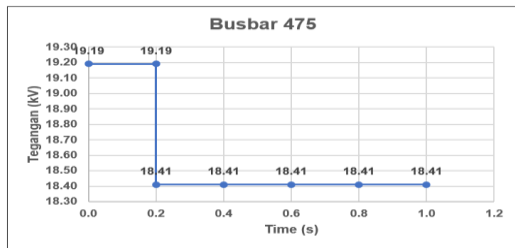


Gambar 28 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 19,19 kV menjadi 18,77 kV.



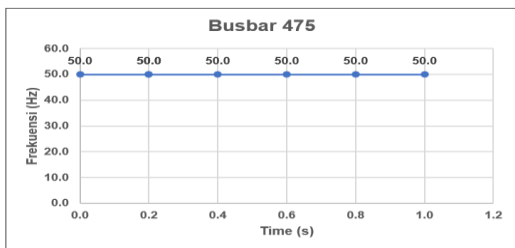
Gambar 27. Frekuensi Bus 475

Gambar 29 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



Gambar 28. Tegangan Bus 475

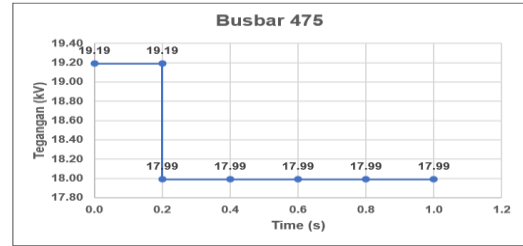
Gambar 30 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 19,19 kV menjadi 18,41 kV.



Gambar 29. Frekuensi Bus 475

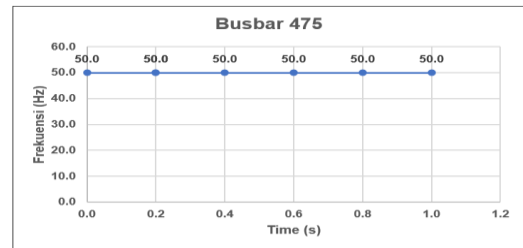
Gambar 31 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.



Gambar 30. Tegangan Bus 475

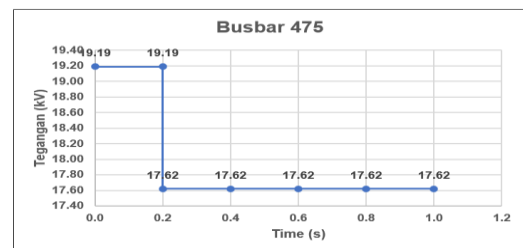
Gambar 32 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 19,19 kV menjadi 17,99 kV.



Gambar 31. Frekuensi Bus 475

Gambar 33 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

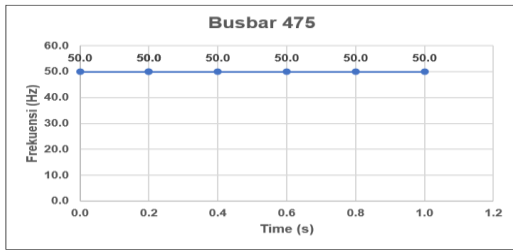
Gambar 34 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 19,19 kV menjadi 17,62 kV.



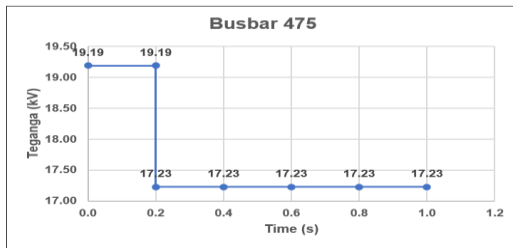
Gambar 32. Tegangan Bus 475

Gambar 35 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

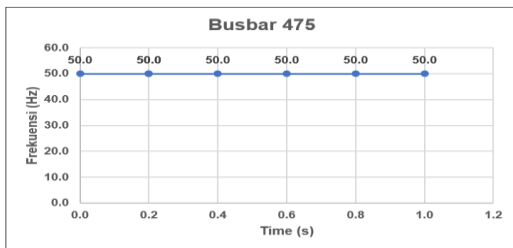


Gambar 33. Frekuensi Bus 475



Gambar 34. Tegangan Bus 475

Gambar 36 menunjukkan kondisi diatas menjadikan nilai tegangan Bus 475 dari 19,19 kV menjadi 17,23 kV.



Gambar 35. Frekuensi Bus 475

Gambar 37 menunjukkan gelombang frekuensi pada Bus 475 saat PLTS apung tidak menunjukkan adanya perubahan frekuensi yang terjadi dan nominal frekuensi pada jaringan sebesar 50 Hz atau 100% dari frekuensi nominal. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian oleh [13] karena menggunakan sumber power grid pada sistem kelistrikan.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan *capstone project* yang telah dilaksanakan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Analisa aliran daya dilakukan dengan menggunakan tiga buah skenario, yakni skenario pertama Penyulang Kintamani

diinjeksikan dengan kapasitas PLTS apung sebesar 10 MW. Hasil tersebut menunjukkan Penyulang Kintamani mengalami kondisi kenaikan tegangan busbar, namun menyebabkan kondisi *reverse power* yang tidak dianjurkan oleh aturan Direksi PLN No. 0357 Tahun 2014.

2. Skenario 2 Penyulang Kintamani diinjeksikan dengan kapasitas PLTS apung 1,2 MW. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Penyulang Kintamani mengalami kenaikan tegangan, dan tidak mengalami *reverse power*.
3. Skenario 3 Penyulang Kintamani diinjeksikan dengan Penyulang Kintamani dengan kapasitas PLTS apung 3 MW. Hasil tersebut menunjukkan adanya kenaikan tegangan pada Penyulang Kintamani dan dapat mengurangi kondisi *undervoltage* pada setiap busbar.
4. Analisa transien yang dilakukan pada Penyulang Kintamani yakni dengan mengamsusikan adanya penurunan produksi daya pada PLTS apung dengan besaran 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Hasil penurunan produksi daya PLTS tersebut menjadikan adanya penurunan nilai tegangan pada setiap busbar Penyulang Kintamani.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baqaruzi. Syamsyarief., Muhtar. Ali. 2020. "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Siistem Distribusi Primer 20 kV". *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal of Innovation Technology) Vol. 1, No. 1.*
- [2] Peraturan Direksi PT PLN (Persero) No. 0357 Tahun 2014 Tentang Pedoman Penyambungan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan ke Sistem Distribusi PLN
- [3] Kusuma. Jaya. Bagus., Mangatur. Oswald. Christian., Utami. Gita. Kartika. 2023. Perancangan Pembangkit Listrik

- Tenaga Surya (PLTS) Apung di Danau Batur Guna Menurunkan Nilai *Voltage Drop* pada Penyulang Kintamani dan Mendukung Bali *Clean Energy*.
- [4] Bahri. Maslim. 2018. Analisa Penempatan Recloser dan Fuse Cut Out Terhadap Keandalan Sistem di Jaringan Distribusi di PT PLN (Persero) Rayon Rimo.
- [5] Kati. Oktavianus., Khafabin. Am., Suparno. 2021. " Studi Evaluasi Distribusi Jaringan Tegangan Rendah (JTR) pada Gardu JPR 047 Penyulang Merak". *El Sains: Jurnal Elektro Vol. 3, No. 1*.
- [6] Savio. Grady. Farrel., Pujiantara. Margo., Aryani. Ketut. 2021. "Optimasi Koordinasi Sistem Proteksi Inverse-time Over Current Relay pada Sistem Distribusi Radial dengan Pertimbangan Distributed Generator untuk Studi Kasus Area Lahat, Sumatera Selatan". *Jurnal Teknik ITS Vol. 10, No. 2*.
- [7] Silaban. Octopianus. Irwan., Kumara. Satya. Nyoman., Setiawan. Nyoman. 2021. "Perancangan PLTS Atap pada Gedung Kantor Bupati Tapanuli Utara Dengan Arsitektur Rumah Adat Batak Toba". *Jurnal SPEKTRUM Vol. 8, No. 2*.
- [8] Acharya. Mohit., Devraj. Arvesh. 2019. "Floating Solar Photovoltaic (FSPV): A Third Pillar to Solar PV Sector?".
- [9] Otniel. Fridel., Busaeri. Nundang., Sutisna. 2019. "Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Penyulang 05EE0101A di Area Utilities II PT. PERTAMINA (Persero) Refinery Unit IV Cilacap Menggunakan Metode Newton-Raphson". *Journal of Energy and Electrical Engineering (JEEE) Vol. 1, No. 1*.
- [10] PT PLN (Persero) UP3 Bali Timur. 2022.
- [11] SPLN 1:1995 Tegangan-Tegangan Standar
- [12] Gumintang. Afkar. M., Sofyan. Faizal. M. 2020. "Design and Control of PV Hybrid System in Practice".
- [13] Wahyudi. Rio., Yulisman., Yamashika. Hennis. 2022. "Analisa Stabilitas Transien pada Jaringan Distribusi Radial IEEE 33 Bus Terhubung dengan Energi Terbarukan (Photovoltaic)". *Ensiklopedia Research and Community Service Review Vol. 1, No. 3*.