

PERANCANGAN JARINGAN DISTRIBUSI UNTUK PLTS TERAPUNG DAN PLTMH DI BENDUNGAN SIDAN

N. P. A. R. Sari^{1*}, W. G. Ariastina², I. N. Setiawan², C. G. I. Partha²,
I W. Sukerayasa², I. N. S. Kumara²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit, Jl Raya Kampus Unud Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali 80631

*Email : anggirusgita@student.unud.ac.id

ABSTRAK

Penyulang Blahkiuh merupakan jaringan distribusi 20 kV tipe radial sepanjang 78,65 kms yang termasuk jaringan terpanjang di Unit Jaringan Mengwi. Panjangnya saluran distribusi juga mengakibatkan terjadinya kerugian daya yang relatif besar, sehingga pemasangan *distributed generation* dengan memanfaatkan potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terapung dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang tersedia di Bendungan Sidan berpotensi memperbaiki nilai jatuh tegangan dan rugi daya pada Penyulang Blahkiuh. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tegangan dan rugi daya terhadap pemasangan *distributed generation* (DG) pada Bendungan Sidan dengan simulasi aliran daya saat beban puncak siang hari pada pukul 14.00 dan saat beban puncak malam hari pada pukul 19.00. Hasil simulasi menunjukkan bahwa saat diinterkoneksi dengan beban puncak siang pukul 14.00, dengan adanya interkoneksi DG menyebabkan penurunan nilai rugi daya sebesar 0,8% atau sebesar 64 kW dan interkoneksi dengan beban puncak malam hari pukul 19.00 juga menyebabkan penurunan nilai rugi daya sebesar 0,61% atau sebesar 55 kW. Interkoneksi *Distributed Generation* (DG) pada Penyulang Blahkiuh juga menyebabkan terjadinya perbaikan nilai tegangan di mana interkoneksi pada siang hari pukul 14.00 menyebabkan perbaikan nilai tegangan pada 41 unit busbar dalam kondisi *undervoltage* dan interkoneksi pada malam hari pukul 19.00 juga menyebabkan terjadinya perbaikan nilai tegangan hanya pada 34 busbar *undervoltage* dari total 50 busbar *undervoltage*.

Kata kunci : *Distributed Generation* , Jaringan Distribusi, *Load Flow Analysis*

ABSTRACT

Blahkiuh Feeder is a 20 kV radial distribution network spanning 78.65 kms, which is the longest network in the Mengwi Network Unit. The length of the distribution lines also results in relatively high power losses. Therefore, the installation of distributed generation (DG) utilizing the potential of solar photovoltaic (PV) and micro-hydro power plants (MHP) available at the Sidan Dam has the potential to improve voltage drop and power loss values on the Blahkiuh Feeder. This research was conducted to analyze voltage and power losses due to DG installation at the Sidan Dam, with power flow simulation during peak daytime load at 14:00 and peak nighttime load at 19:00. Simulation results indicate that when interconnected with the daytime peak load at 14:00, DG interconnection results in a decrease in power loss values by 0,8% or 64 kW, and interconnection with the nighttime peak load at 19:00 also leads to a decrease in power loss values by 0.61% or 55 kW. Distributed Generation interconnection on the Blahkiuh Feeder also leads to improvements in voltage values, where interconnection during daytime at 14:00 results in voltage improvement at 41 busbars units under undervoltage condition, and interconnection during night time at 19:00 leads to voltage improvement at only 34 busbars units undervoltage condition out of a total of 50 undervoltage busbars.

Key Words : *Distributed Generation, Distribution Network, Load Flow Analysis*

1. PENDAHULUAN

Mayoritas pembangkit listrik di Indonesia masih bergantung pada pemanfaatan sumber energi utama yang tidak dapat diperbarui. Maka diperlukan upaya pengembangan teknologi yang memberikan prioritas pada penggunaan energi baru terbarukan. Energi baru terbarukan merupakan sumber daya tak mencemari, dan tidak berperan dalam perubahan iklim dan pemanasan global. Energi ini bersumber dari proses alam yang berlangsung secara berkelanjutan, seperti matahari, angin, air, bahan bakar nabati, dan *geothermal*. [1].

Distributed Generation (DG) merupakan bentuk dari salah satu jenis pembangkit listrik berskala kecil yang memprioritaskan penggunaan bahan bakar berupa energi baru terbarukan. *Distributed Generation* (DG) adalah sebuah sistem pembangkitan energi listrik berdaya kecil dan dibangkitkan dekat dengan pusat beban. Sumber energi listrik pada *distributed generation* (DG) banyak mengandalkan teknologi energi terbarukan [2]. Penggunaan sumber energi terbarukan (EBT) dalam *distributed generation* menjadi pilihan yang penting untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan.

Adanya potensi yang tersedia di Bendungan Sidan memberikan dukungan terhadap implementasi penggunaan energi baru terbarukan sebagai sumber energi utama pada *distributed generation* (DG) di Bendungan Sidan. Dengan adanya potensi tersebut maka perlu dilakukan pengembangan dan pemanfaatan yang tepat terhadap potensi yang tersedia.

Sistem kelistrikan di Kawasan Bendungan Sidan merupakan bagian dari wilayah operasional PT PLN Unit Induk Distribusi (UID) Bali dan PT PLN UP3 Bali Selatan. Guna memenuhi kebutuhan listrik di kawasan Bendungan Sidan, sistem kelistrikan disokong oleh jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV Penyulang Blahkiuh. Penyulang Blahkiuh berlokasi dekat Kawasan Bendungan Sidan yang

memperoleh pasokan daya dari transformator III Gardu Induk Kapal. Penyulang Blahkiuh merupakan jaringan distribusi 20 kV tipe radial sepanjang 78,65 kms. Penyulang Blahkiuh termasuk jaringan terpanjang di Unit Jaringan Mengwi.

Panjang saluran distribusi juga berpengaruh terhadap kerugian daya, Panjangnya sebuah saluran distribusi akan mengakibatkan hilangnya daya yang cukup signifikan sehingga nilai rugi-rugi daya yang terjadi akan besar [3]. Salah satu upaya guna membantu memperbaiki nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya adalah dengan melakukan pemasangan (interkoneksi) *distributed generation* (DG) [4].

Penelitian ini melakukan perancangan jaringan distribusi untuk PLTS terapung dan PLTMH di Bendungan Sidan sebagai salah satu upaya memperbaiki nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya pada Penyulang Blahkiuh.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan subsistem yang mentransmisikan energi listrik dari sumber mencapai konsumen. Berdasarkan tingkat nilai tegangan yang didistribusikan, sistem ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu: [5].

- a. Sistem distribusi primer atau disebut sebagai jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) yang terletak antara gardu induk dan gardu pembagi.
- b. Sistem distribusi sekunder adalah jaringan yang mengalirkan tenaga listrik dari gardu distribusi menuju pusat beban.

2.2 Distributed Generation (DG)

Distributed Generation (DG) ialah pembangkit listrik yang memanfaatkan penggunaan energi baru terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga surya, dan *micro hydro*. Adapun karakteristik dari *distributed generation* (DG) yaitu [6]:

1. Pembangkit listrik dengan skala kecil berkisar dari 1 kW sampai 10 MW.

2. Terdistribusi dekat dengan pusat beban (*closed to load*).
3. Terinterkoneksi dengan jaringan pada sistem distribusi.
4. Mengurangi pembangunan jaringan transmisi.

Distributed Generation (DG) memiliki potensi untuk digunakan dalam membantu perbaikan sistem tenaga listrik yaitu untuk meningkatkan keandalan sistem secara langsung maupun tidak langsung. Kapasitas maksimum yang dapat disuplai oleh *distributed generation* (DG) sebagai sumber energi listrik sering digunakan sebagai batasan kualifikasi untuk *distributed generation* (DG) itu sendiri [7].

Distributed generation (DG) dapat diklasifikasikan berdasarkan kapasitas pembangkitannya yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Distributed Generation* (DG) Berdasarkan Kapasitas Pembangkitannya [7]

Jenis <i>Distributed Generation</i> (DG)	Kapasitas Pembangkitan
<i>Distributed Generation</i> (DG) Mikro	1 Watt – 5 kW
<i>Distributed Generation</i> (DG) Kecil	5 kW– 5 MW
<i>Distributed Generation</i> (DG) Sedang	5 MW – 50 MW
<i>Distributed Generation</i> (DG) Besar	50 MW – 300 MW

2.3 Analisis Aliran Daya

Analisis aliran daya dilakukan guna mengevaluasi kecukupan operasional suatu sistem dalam kondisi eksisting, terutama ketika dibandingkan dengan perkiraan kondisi untuk masa mendatang.

Analisis aliran daya dilakukan untuk mengetahui parameter seperti arus, tegangan, daya aktif atau daya reaktif pada berbagai titik dalam jaringan listrik selama kondisi operasi [8].

Simulasi aliran daya harus dilakukan dengan beberapa persyaratan berikut [9]:

- a. Simulasi sistem tenaga listrik dalam kondisi pembebanan tidak berlebihan (*overload*).
- b. Tegangan pada masing-masing *busbar* sesuai batas keandalan sistem (tegangan operasi pada sistem distribusi harus dijaga 5% maksimal dan 10% minimal dari tegangan nominal sistem distribusi tegangan menengah 20 kV) [10].
- c. Menjaga keluaran daya aktif dan reaktif pada tiap generator agar sesuai dengan *capability curve*.

2.4 Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya merupakan jumlah daya yang terbuang dalam proses penyaluran daya listrik dari sumber ke beban. Salah satu faktor penyebab terjadinya rugi-rugi daya yaitu panjang saluran dari sumber menuju beban yang cukup jauh akan mengakibatkan bertambah besarnya tahanan (resistansi) dari saluran kabel yang digunakan [11].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Bendungan Sidan, Desa Belok Sidan, Kabupaten Badung. Penelitian dilakukan pada periode Bulan Juni 2023 hingga Desember 2023. Berikut ini merupakan langkah-langkah kegiatan penelitian :

- a. Melakukan observasi dan identifikasi lokasi penelitian secara langsung yaitu pada Bendungan Sidan di Desa Belok Sidan, Kabupaten Badung, Bali.
- b. Pengumpulan data-data penunjang penelitian yang mendukung perancangan PLTMH dan PLTS terapung.
- c. Merancang desain jaringan untuk sistem Kelistrikan Bendungan Sidan.
- d. Melakukan analisis konfigurasi sistem kelistrikan dengan metode analisis aliran daya.
- e. Menganalisis nilai profil tegangan dan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah dilakukannya interkoneksi *distributed generation* (DG).

Dalam penelitian ini, beberapa data sekunder diperlukan sebagai pendukung,

termasuk data beban, jaringan, dan gambar jaringan pada Penyulang Blahkiuh. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PT. PLN (Persero) UP3 Bali Selatan, PT. PLN (Persero) UP2D, dan referensi literatur lainnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyulang Blahkiuh

Sistem listrik di Kawasan Bendungan Sidan merupakan bagian dari area operasional PT PLN Unit Induk Distribusi (UID) Bali dan PT PLN UP3 Bali Selatan. Guna memenuhi kebutuhan listrik di kawasan tersebut didukung oleh jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV Penyulang Blahkiuh.

Pasokan daya Penyulang Blahkiuh berasal dari transformator III di Gardu Induk Kapal. Penyulang ini memiliki struktur jaringan distribusi 20 kV yang bersifat radial, terdiri dari total 167 transformator distribusi, dengan panjang jaringan mencapai 78,65 kms.

4.2 Kondisi Existing Penyulang Blahkiuh

Analisis aliran daya perlu dilakukan guna mengetahui nilai rugi-rugi daya pada Penyulang Blahkiuh.

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya didapatkan hasil rugi-rugi daya pada jaringan Penyulang Blahkiuh pada kondisi *existing* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rugi-Rugi Daya Kondisi Existing

No.	Keterangan	Rugi-Rugi Daya
1	Rugi-Rugi Daya Kondisi <i>Existing</i> Pukul 14.00 WITA	432 kW
2	Rugi-Rugi Daya Kondisi <i>Existing</i> Pukul 19.00 WITA	452 kW

Tabel 2. menunjukkan perbandingan rugi-rugi daya pada jaringan Penyulang Blahkiuh sebelum dilakukannya interkoneksi. Besar nilai rugi-rugi daya

Penyulang Blahkiuh pada siang hari sebesar 432 kW atau 6,8% dan pada malam hari sebesar 7,01% yaitu 452 kW.

Simulasi aliran daya juga dapat memberikan informasi mengenai kondisi tegangan kerja Penyulang Blahkiuh. Sebelum interkoneksi beberapa busbar mengalami kondisi *undervoltage*. Perbandingan jumlah busbar dalam kondisi *undervoltage* dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Busbar Undervoltage Result Kondisi Existing

No.	Keterangan	Unit
1	Busbar Undervoltage kondisi <i>Existing</i> Pukul 14.00 WITA	41 Busbar
2	Busbar Undervoltage kondisi <i>Existing</i> Pukul 19.00 WITA	50 Busbar

Busbar dapat dikatakan berada dalam kondisi *undervoltage* karena nilai tegangan busbar tidak sesuai dengan SPLN 1:1995 yang di mana tidak diperbolehkan kurang 10% atau 18 kV dari tegangan nominal 20 kV[10].

4.3 Konfigurasi PLTS Terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW di Bendungan Sidan

Analisis aliran daya dilakukan untuk mengetahui dampak interkoneksi ketenagalistrikan pada sistem jaringan distribusi Penyulang Blahkiuh.

Konfigurasi interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW Bendungan Sidan dengan Penyulang Blahkiuh terlampir pada Gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi PLTS Terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW dengan Penyulang Blahkiuh

Gambar 1. menunjukkan interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW di Bendungan Sidan terhubung dengan jaringan tegangan menengah Penyulang Blahkiuh tepatnya pada transformator distribusi PE0081.

Transformator distribusi PE0081 berjarak 2 km dari Bendungan Sidan yang menjadi titik interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW tepatnya pada busbar 42.

Tabel 4. Beban Puncak Penyulang Blahkiuh

No.	Waktu	Nilai
1	Siang (14.00 WITA)	5,6 MW
2	Malam (19.00 WITA)	6,2 MW

Tabel 4. menunjukan beban puncak Penyulang Blahkiuh pada siang hari dan malam hari. Analisis interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW ini menggunakan dua skenario berdasarkan beban puncak dan jam kerja dari PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW yakni siang hari pada pukul 14:00 WITA dan juga malam hari pada pukul 19:00 WITA.

4.4 Analisis Aliran Daya PLTS Terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW di Bendungan Sidan Siang Hari Pukul 14.00 WITA

PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW dengan jaringan distribusi Penyulang Blahkiuh pada pukul 14.00 WITA

akan diinterkoneksi pada busbar 42 Transformator PE0081.

Pada interkoneksi siang hari PLTS terapung 1,45 MW memiliki intensitas radiasi matahari sebesar 980 W/m². Data intensitas radiasi matahari tersebut akan dimasukan kedalam nilai iradiasi PV array yang digunakan untuk mengetahui dampak interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW pada Penyulang Blahkiuh.

Hasil analisis aliran daya pasca interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW menghasilkan daya sebesar 1.272 kW dan PLTMH 0,29 MW menghasilkan daya sebesar 290 kW. Total daya yang di hasilkan pasca interkoneksi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Total Daya Yang Dihasilkan Setelah Dilakukannya Interkoneksi

No.	Keterangan	Daya
1	Daya yang Dihasilkan PLTS terapung	1.272 kW
2	Daya Yang Dihasilkan PLTMH 0,29 MW	0,290 kW
Total Daya Yang Dihasilkan		1.562 kW

Daya yang dihasilkan pasca interkoneksi mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai tegangan operasi pada busbar 42 yang merupakan titik interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW.

Tabel 6. Perbandingan Nilai Tegangan Busbar 42

No.	Keterangan	Tegangan
1	Tegangan Operasi Busbar 42 Existing Pukul 14.00 WITA	17,49 kV
2	Tegangan Operasi Busbar 42 Interkoneksi Pukul 14.00 WITA	18,55 kV
Selisih Tegangan		0,67 kV

Tabel 6. menunjukkan perbandingan nilai tegangan busbar 42 sebelum dan pasca interkoneksi. Setelah diinterkoneksi, kondisi busbar 42 telah mematuhi standar SPLN 1:1995.

Tegangan operasional pada sistem distribusi dipertahankan di kisaran maksimal 5% dan minimal 10% dari tegangan nominal sistem distribusi 20 kV [10].

Interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW pada siang hari dapat memperbaiki nilai *voltage drop*. Sebanyak 41 unit *busbar undervoltage* mengalami perbaikan nilai tegangan operasi sehingga seluruh *busbar* berada dalam kondisi normal. Seluruh *busbar* mengalami penurunan tegangan dari tegangan nominal tetapi tidak melebihi batas toleransi yang sudah sesuai dengan regulasi SPLN 1:1995.

Hasil analisis aliran daya PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW pada skenario 1 menghasilkan rugi-rugi daya berupa selisih energi listrik dari sumber dibandingkan dengan jumlah energi listrik pada konsumen yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Rugi-Rugi Daya Setelah Interkoneksi

No.	Keterangan	Rugi-Rugi Daya
1	Rugi-Rugi Daya Kondisi <i>Existing</i> Pukul 14.00 WITA	432 kW
2	Rugi-Rugi Daya Setelah Interkoneksi Pukul 14.00 WITA	368 kW
Selisih Rugi-Rugi Daya		64 kW

Tabel 7. menunjukkan perbandingan rugi-rugi daya setelah Penyulang Blahkiuh diinterkoneksi dengan PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW pada siang hari.

Pasca interkoneksi Penyulang Blahkiuh mengalami kondisi rugi-rugi daya sebesar 368 kW atau 5,5%. Interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW pada siang hari menyebabkan turunnya rugi-rugi daya sebesar 0,8% atau 64 kW.

4.5 Analisis Aliran Daya PLTS Terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW di Bendungan Sidan Malam Hari Pukul 19.00 WITA

Kapasitas PLTMH yang akan terinterkoneksi dengan Penyulang Blahkiuh sebesar 0,29 MW. Dalam skenario kedua ini PLTS terapung diasumsikan tidak bekerja sehingga yang diinterkoneksi hanya PLTMH 0,29 MW saja.

PLTMH 0,29 MW akan terinterkoneksi dengan *busbar* 42 transformator distribusi PE0081. Hasil analisis aliran daya PLTMH 0,29 MW setelah diinterkoneksi menghasilkan daya sebesar 290 kW.

Daya yang dihasilkan mengakibatkan peningkatan nilai tegangan operasi pada Penyulang Blahkiuh khususnya pada *busbar* 42 yang merupakan titik interkoneksi. Peningkatan nilai tegangan operasi *busbar* 42 dirangkum pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Nilai Tegangan Busbar 42

No.	Keterangan	Tegangan
1	Tegangan Operasi <i>Busbar</i> 42 <i>Existing</i> Pukul 19.00 WITA	17,32 kV
2	Tegangan Operasi <i>Busbar</i> 42 Interkoneksi Pukul 19.00 WITA	17,86 kV
Selisih Tegangan		0,14 kV

Setelah diinterkoneksi PLTMH 0,29 MW menyebabkan peningkatan tegangan pada *busbar* 42 menjadi 17,86 kV atau 89,31% dari tegangan nominal 20 kV. Kondisi *busbar* 42 setelah diinterkoneksi dengan PLTMH 0,29 MW belum sesuai dengan regulasi SPLN 1:1995 .

Interkoneksi Penyulang Blahkiuh dengan PLTMH 0,29 MW membantu memperbaiki nilai *voltage drop* 34 *busbar* dari total 50 *busbar undervoltage*. Pasca interkoneksi, 16 *busbar* masih dalam kondisi *undervoltage* di mana *busbar* mengalami penurunan tegangan dari tegangan nominal dibawah 18kV.

Hasil analisis aliran daya PLTMH 0,29 MW pada skenario 2 menghasilkan rugi-rugi daya pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Rugi-Rugi Daya Setelah Interkoneksi

No.	Keterangan	Rugi-Rugi Daya
1	Rugi-Rugi Daya Kondisi <i>Existing</i> Pukul 19.00 WITA	452 kW
2	Rugi-Rugi Daya Setelah Interkoneksi Pukul 19.00 WITA	397 kW
Selisih Rugi-Rugi Daya		55 kW

Interkoneksi Penyulang Blahkiuh dengan PLTMH 0,29 MW pada malam hari pukul 19.00 menyebabkan rugi-rugi daya sebesar 397 kW atau 6,4%. Pasca interkoneksi Penyulang Blahkiuh mengalami penurunan rugi-rugi pada malam hari sebesar 0,61% sebesar 55 kW jika dibandingkan dengan kondisi sebelum terjadinya interkoneksi.

5. KESIMPULAN

Interkoneksi PLTS terapung 1,45 MW dan PLTMH 0,29 MW di Bendungan Sidan dengan Penyulang Blahkiuh membantu memperbaiki nilai jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Pada interkoneksi siang hari, terdapat 41 busbar *undervoltage* dengan nilai tegangan operasi di bawah 18 kV. Busbar mengalami peningkatan nilai tegangan operasi sehingga seluruhnya berada dalam kondisi normal yang sudah sesuai dengan regulasi PLN. Interkoneksi siang hari juga mengakibatkan turunnya rugi-rugi daya sebesar 0,8% atau 64 kW. Sedangkan interkoneksi malam hari, terdapat 34 busbar dari total 50 busbar *undervoltage* dengan nilai tegangan operasi di bawah 18 kV. Pada interkoneksi malam hari, turunnya rugi-rugi daya sebesar 0,61% atau 55 kW.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] ESDM. 2016. "Mengarusutamakan EBT Sebagai Energi Masa Depan,"

Jurnal Energi, Media Komunikasi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, pp. 9-11.

- [2] ESDM. 2002. "Pedoman Pengusahaan Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Tersebar," *Keputusan Menteri*, p. 1122K/30/MEM.
- [3] D. Siregar. 2011. "Studi Pemanfaatan Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi," *Skripsi Program Studi Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara*.
- [4] A. A. T. B. Artawan, I. W. Sukerayasa dan W. G. Ariastina. 2020. "Rencana Pemasangan Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi Serta Pengaruhnya Terhadap Profil Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya," *Jurnal SPEKTRUM Vol. 7, No. 1 Maret*.
- [5] D. Suswanto. 2009. "Sistem Distribusi Tenaga Listrik," *Jurusan Teknik Elektro Universitas Padang*.
- [6] I. M. G. Nusaman, I. W. Sukerayasa dan R. S. Hartati. 2015. "Analisis Pengaruh Interkoneksi Distributed Generation (PLTSA Suwung) Terhadap Rugi-Rugi Daya Dan Keandalan Pada Penyulang Serangan," *Majalah Ilmiah Teknik Elektro, vol. 14, no. 2, pp. 27-33*.
- [7] E. P. Santosa, O. Penangsang dan N. K. Aryani. 2016. "Optimasi Penentuan Lokasi Kapasitor dan Distributed Generation (DG) Dengan Rekonfigurasi Jaringan Untuk Meningkatkan Keluaran Daya Aktif DG Pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Genetic Algorithm (GA)," *Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 2*.
- [8] J. J. G. William D. Stevenson. 1994. *Power System Analysis*, New York: McGraw-Hill Book Company.
- [9] M. K. Huda, W. G. Ariastina dan I. W. Sukerayasa. 2020. "Analisis Aliran Daya Sistem Kelistrikan 150 kV Bali Saat Rekonduktoring SUTT

Gilimanuk-Negara-Antosari,” *Jurnal Spektrum Vol. 7, No. 3.*

[10] SPLN 1:1995. Tegangan-Tegangan Standar, PLN 1995.

[11] I. K. W. T. Putra, N. P. S. Utama dan I. N. Setiawan. 2019. “Optimasi Penempatan Titik Interkoneksi Distributed Generation (DG) PLTM Muara Pada Penyulang Panji Dengan Metode Genetic Algorithm (GA),” *Jurnal Spektrum Vol. 6, No. 2.*