

RENCANA PEMASANGAN *DISTRIBUTED GENERATION* PADA JARINGAN DISTRIBUSI SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PROFIL TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA

A. A. T. B. Artawan¹, I W. Sukerayasa², W. G. Ariastina³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email : aatribudia@gmail.com¹, sukerayasa@unud.ac.id², w.ariastina@unud.ac.id³

Abstrak

Penyulang Jatiluwih merupakan saluran distribusi primer 20 kV dengan konfigurasi radial sepanjang 120,8 kms dan dengan beban puncak sebesar 1,85 MW. Konfigurasi radial yang panjang menyebabkan jatuh tegangan melewati batas standar PLN. Disamping itu, saluran distribusi yang panjang menyebabkan rugi daya yang relatif besar. Salah satu strategi yang dilakukan untuk memperbaiki jatuh tegangan dan rugi daya adalah dengan pemasangan *distributed generation* (DG). Pemasangan DG pada Penyulang Jatiluwih disesuaikan dengan potensi sumber energi yang tersedia di sekitar lokasi Penyulang yaitu, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil tegangan dan rugi daya terkait dengan pemasangan DG. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi survey potensi sumber energi terbarukan yang tersedia, dan selanjutnya melakukan simulasi aliran daya. Simulasi aliran daya dilakukan dalam dua skenario yaitu, pada saat sebelum dan sesudah pemasangan DG. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada saat beban puncak siang, pemasangan DG mampu menurunkan jatuh tegangan maksimal sebesar 2,08 % pada jaringan distribusi sekunder, sehingga tegangan meningkat dari 344,4 V menjadi 352,7 V. Disamping itu, pemasangan DG mampu menurunkan rugi daya sebesar 9,43 % atau sebesar 530 kW dari total rugi daya.

Kata kunci : *Distributed Generation*, Jaringan Distribusi, Profil Tegangan, Rugi Daya

Abstract

Jatiluwih feeder is a primary 20 kV distribution network with a peak demand of 1.85 MW. The feeder has a radial configuration with a length of 120 kmc. The extended length of the feeder causes a high voltage drop and power loss. One strategy to reduce voltage drop and power loss is by the installation of distributed generation (DG). The energy resource of the DG usually adopts local available renewable energy resources, such as solar power and hydro power. This paper discusses voltage profile and power loss due to the installation of DG on the distribution network. The analysis covered survey of the available renewable energy resources and power flow simulation. Power flow simulation was carried out in two scenarios, before and after the installation of DG. The simulation results showed that during peak daytime load, DG installation is able to reduce maximum voltage drop by 2,08 %, and increases the voltage from 344,4 V to 352,7 V. Besides that, the installation of DG is able to reduce the total power loss by 9,43 % or as much as 530 kW.

Keywords: *Distributed Generation, Distribution Networks, Voltage Profile, Power Losses*

1. PENDAHULUAN

Negara di benua Eropa dan Amerika telah mengembangkan konsep *distributed generation* (DG) untuk mendukung kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. DG adalah sistem pembangkitan energi listrik yang mempunyai daya yang kecil dan dibangkitkan dekat dengan pusat beban. Sumber energi listrik pada DG telah

banyak memanfaatkan teknologi energi terbarukan.

Mengingat Indonesia mempunyai potensi energi alternatif yang terbarukan seperti energi surya, energi air dan energi angin maka potensi tersebut perlu dikembangkan lebih lanjut [1]. Di Pulau Bali potensi energi terbarukan perlu dikembangkan, bahkan studi terakhir menunjukkan potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap sudah mencapai

lebih dari 100 MW [2,3]. Sedangkan potensi tenaga angin di Bali pada tahun 2019 mencapai 1,019 MW [4], dan potensi energi air telah banyak dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), sebagai contoh di subak Jatiluwih Tabanan [5].

Penyulang Jatiluwih merupakan saluran distribusi primer 20 kV dengan konfigurasi radial sepanjang 120,8 kms dan dengan beban puncak sebesar 1,85 MW. Konfigurasi radial yang panjang menyebabkan jatuh tegangan melewati batas standar PLN. Disamping itu, saluran distribusi yang panjang menyebabkan rugi daya yang relatif besar [6]. Salah satu strategi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki jatuh tegangan dan rugi daya adalah dengan pemasangan *distributed generation* (DG). Pemasangan DG pada Penyulang Jatiluwih disesuaikan dengan potensi sumber energi yang tersedia di sekitar lokasi Penyulang yaitu, PLTS dan PLTMH.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil tegangan dan rugi daya terkait dengan pemasangan DG pada Penyulang jatiluwih. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi survey potensi sumber energi terbarukan yang tersedia, dan selanjutnya melakukan simulasi aliran daya. Simulasi aliran daya dilakukan dalam dua skenario yaitu, pada saat sebelum dan sesudah pemasangan DG.

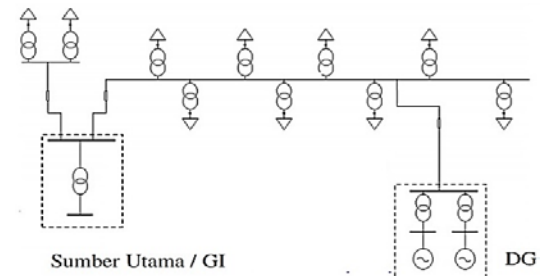
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 DG

DG merupakan pembangkit listrik berskala kecil dan lokal yang terhubung dengan jaringan distribusi. Teknologi DG sangat diperlukan di sisi jaringan distribusi karena dapat mengurangi rugi daya pada sistem dan memperbaiki kualitas tegangan. Disamping itu, DG mempunyai kelebihan lainnya yaitu, ramah lingkungan, andal dalam merespon perubahan beban, serta mengurangi penggunaan bahan bakar fosil [7,8].

DG dapat digunakan sebagai pembangkitan listrik oleh fasilitas pembangkit yang lebih kecil dari pembangkit utama, sehingga memungkinkan pemasangan pada setiap titik di sistem tenaga listrik. DG mempunyai kapasitas maksimum yaitu sebesar 100 MW. Gambar 1 menunjukkan *single line* diagram

yang terkoneksi DG pada jaringan distribusi [9].



Gambar 1. Single Line Diagram Koneksi DG Pada Jaringan Distribusi Primer [9]

2.2 Pengaruh DG terhadap Jatuh Tegangan

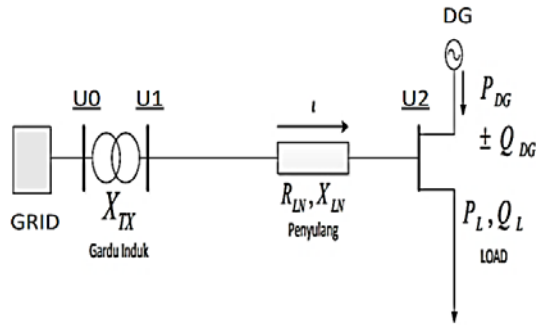
Jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada jaringan distribusi berbanding lurus terhadap panjang saluran dan beban, serta berbanding terbalik terhadap luas penampang penghantar. Jatuh tegangan pada Penyulang dapat dihitung dengan persamaan (1) [10].

$$\Delta V = |V_1 - V_2|$$

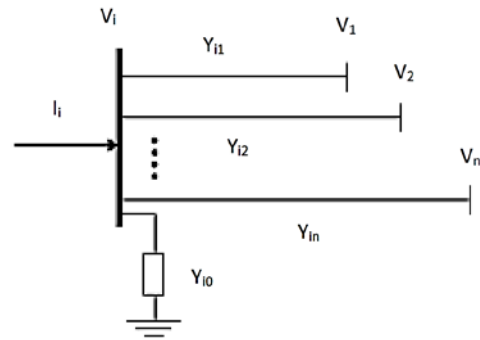
$$\Delta V = \frac{R_{LN}(P_L - P_{DG}) + X_{LN}(Q_L - (\pm Q_{DG}))}{V_2} \quad (1)$$

Keterangan : ΔV = Jatuh Tegangan
 V_1 = Tegangan Primer
 V_2 = Tegangan Sekunder
 R_{LN} = Resistansi Penghantar
 X_{LN} = Reaktansi Penghantar
 P_L = Daya Aktif Beban
 Q_L = Daya Reaktif Beban
 P_{DG} = Daya Aktif DG
 Q_{DG} = Daya Reaktif DG

Aliran daya yang mengilustrasikan jatuh tegangan pada jaringan distribusi dengan masuknya DG ditunjukkan pada Gambar 2. Jika daya yang dibangkitkan oleh DG lebih besar dari beban Penyulang, daya akan mengalir dari DG menuju gardu induk dan menyebabkan kenaikan tegangan di titik U2.



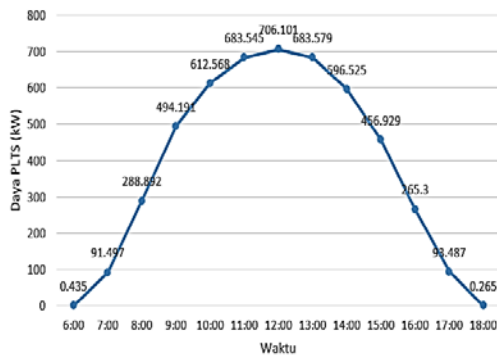
Gambar 2. Aliran daya Jaringan Distribusi [10]



Gambar 4. Aliran Daya Dalam Satu Bus [13]

2.3 Pemodelan DG

Simulasi aliran daya pada penelitian ini menggunakan dua pemodelan DG yaitu, PLTS Kubu Karangasem dan PLTMH Uma Kayu Tabanan. PLTS Kubu Karangasem memiliki kapasitas sebesar 1 MW, dengan daya puncak sebesar 706,101 kW. Daya keluaran yang dihasilkan PLTS dipengaruhi oleh iradiasi matahari, intensitas penyinaran matahari, bahan pembuat solar panel, suhu temperatur solar panel, dan shading. Gambar 3 menunjukkan daya yang dihasilkan PLTS dari pukul 06:00 ~ 18.00 [11,12]. Sedangkan, PLTMH Uma Kayu Tabanan memiliki daya keluaran sebesar 7,5 kW dan diasumsikan konstan selama 24 jam [13].



Gambar 3. Kurva Daya Keluaran PLTS [10]

2.4 Analisis Aliran Daya

Konsep aliran daya pada satu bus mengikuti Hukum Arus Kirchoff, dimana jumlah arus yang masuk ke dalam bus adalah sama dengan jumlah arus yang keluar, seperti ditunjukkan pada Gambar 4[14].

Arus I_i dapat dihitung pada persamaan (2) [14]:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_{ij} \quad (2)$$

dimana $j \neq i$

Daya kompleks dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3) dan (4) [14]:

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (3)$$

atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (4)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (4) ke persamaan (2) diperoleh persamaan arus total seperti pada persamaan (5) [14]:

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_{ij} \quad (5)$$

dimana $j \neq i$

Dari persamaan daya kompleks dapat dilihat bahwa persamaan aliran daya bersifat tidak linier dan dapat ditentukan dengan metode numerik iteratif.

3. METODE PENELITIAN

Adapun alur analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

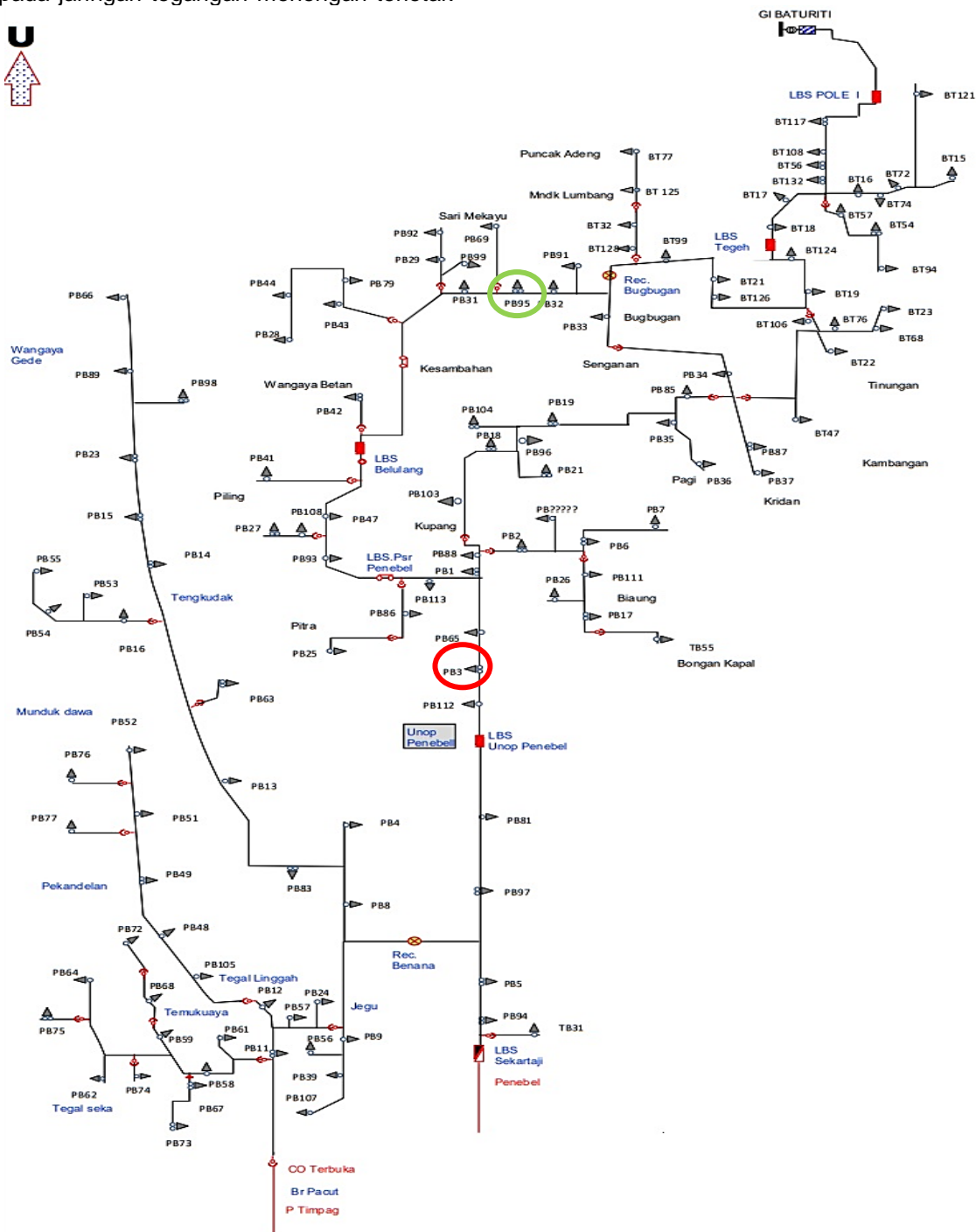
1. Survey lapangan terkait dengan potensi PLTS dan PLTMH, serta pengumpulan data untuk simulasi aliran daya.
2. Melakukan simulasi aliran daya menggunakan simulator.
3. Menganalisis profil tegangan dan rugi daya dengan skenario sebelum dan sesudah pemasangan DG.

3.1 Penyulang Jatiluwih

Penyulang Jatiluwih merupakan saluran distribusi primer 20 kV dengan konfigurasi radial sepanjang 120,8 kms. Beban puncak malam Penyulang Jatiluwih adalah sebesar 1,853 MW, disuplai melalui 110 transformator distribusi. Gambar 5 menunjukkan *single line* diagram Penyulang Jatiluwih [15].

Rencana lokasi koneksi PLTS 1 MW pada jaringan tegangan menengah terletak

di dekat transformator PB 0003 (diberi tanda lingkaran berwarna merah pada Gambar 5). Rencana lokasi PLTS memiliki luas lahan sebesar 5063 m². Sedangkan rencana lokasi koneksi PLTMH 7,5 kW adalah pada jaringan tegangan rendah yang disuplai oleh transformator PB 0095 (diberi tanda lingkaran berwarna hijau pada Gambar 5).



Gambar 5. Single Line Diagram Penyulang Jatiluwih [14]

3.2 Analisis Profil Tegangan dan Rugi Daya

Analisis profil tegangan dan rugi daya dilakukan dengan bantuan simulator aliran daya. Setelah diperoleh hasil simulasi, kemudian dilakukan perbandingan hasil profil tegangan dan rugi daya dengan skenario satu saat sebelum terhubung dengan DG, dan skenario dua saat sesudah terhubung dengan DG.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Beban Penyulang Jatiluwih

Pola beban harian tiap jam diperlukan untuk mengetahui beban puncak Penyulang Jatiluwih. Data yang digunakan adalah data beban pada tanggal 1-7 November 2019 dengan setiap jam dari pukul 01.00 – 24.00 dan dihitung rata-rata per jam.

Gambar 6 menunjukkan pola beban harian Penyulang Jatiluwih. Oleh karena data pola pembebanan per jam tiap transformator tidak ada, maka dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- A. Menentukan selisih daya dan persentase selisih setiap jam dengan beban puncaknya
- B. Menentukan beban transformator setiap jam dengan:

$$P_{1,2,3,\dots} = P - (P \times \%_{1,2,3,\dots})$$

Keterangan :

P = Beban puncak transformator

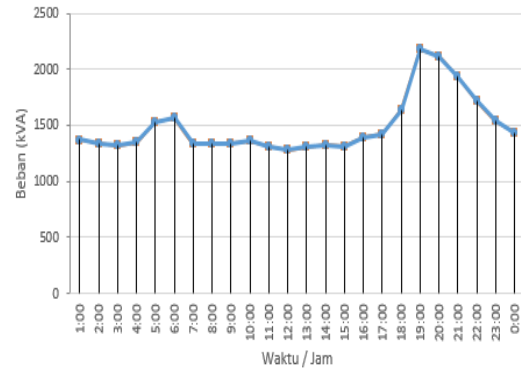
$P_{1,2,3,\dots}$ = Beban transformator pada pukul 01.00, 02.00, 03.00,, 24.00

$\%_{1,2,3,\dots}$ = Persentase selisih dengan beban puncak pada pukul 01.00, 02.00, 03.00,, 24.00

Contoh perhitungan selisih pada pukul 01.00 menggunakan transformator PB 0003 adalah sebagai berikut:

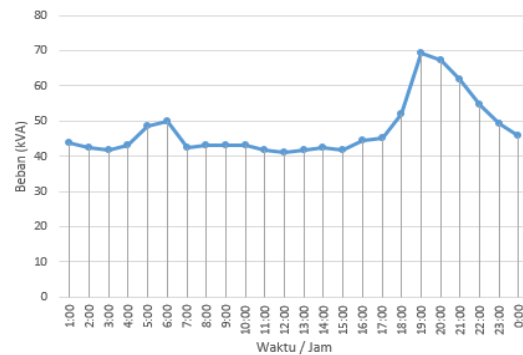
1. Selisih = Beban Puncak Penyulang – Beban Penyulang Pukul 01:00
 = 2180 kVA – 1371,4 kVA
 = 808,6 kVA
2. %1 = (Selisih pada pukul 01:00 / Beban Puncak Penyulang) x 100%
 = (808,6 kVA / 2180 kVA) x 100%
 = 37 %

$$\begin{aligned} 3. P1 &= P - (P \times \%_1) \\ &= 69,41 - (69,41 \times 37 \%) \\ &= 43,73 \text{ kVA} \end{aligned}$$



Gambar 6. Grafik Pola Beban Per Jam Penyulang Jatiluwih

Gambar 7 menunjukkan bentuk kurva pola beban harian tiap jam transformator PB 0003.



Gambar 7. Grafik Pola Beban Per Jam Transformator PB 0003

4.2 Profil Tegangan Skenario Satu

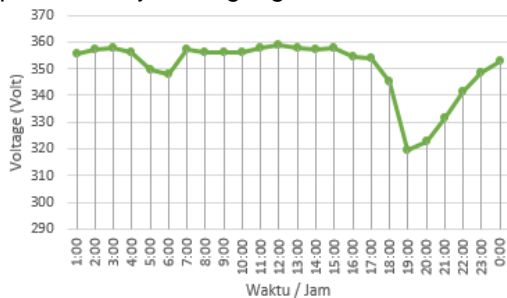
Contoh hasil dari salah satu profil beban pada simulasi untuk mengetahui profil tegangan pada busbar dengan kondisi sebelum pemasangan DG ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Simulasi Skenario Satu

| Jam | Beban (kVA) | Tegangan (Volt) | Drop Tegangan (%) | Jam | Beban (kVA) | Tegangan (Volt) | Drop Tegangan (%) |
|-------|-------------|-----------------|-------------------|-------|-------------|-----------------|-------------------|
| 1:00 | 43,73 | 355,5 | 11,12 | 13:00 | 41,65 | 358 | 10,51 |
| 2:00 | 42,34 | 357,1 | 10,71 | 14:00 | 42,34 | 357,1 | 10,71 |
| 3:00 | 41,65 | 358 | 10,51 | 15:00 | 41,65 | 358 | 10,51 |
| 4:00 | 43,03 | 356,3 | 10,92 | 16:00 | 44,42 | 354,7 | 11,33 |
| 5:00 | 48,59 | 349,6 | 12,6 | 17:00 | 45,12 | 353,8 | 11,54 |
| 6:00 | 49,98 | 347,9 | 13,03 | 18:00 | 52,06 | 345,2 | 13,69 |
| 7:00 | 42,34 | 357,1 | 10,71 | 19:00 | 69,41 | 319,5 | 20,12 |
| 8:00 | 43,03 | 356,3 | 10,92 | 20:00 | 67,33 | 322,7 | 19,33 |
| 9:00 | 42,76 | 356,4 | 10,91 | 21:00 | 61,77 | 331,3 | 17,18 |
| 10:00 | 43,03 | 356,3 | 10,92 | 22:00 | 54,83 | 341,1 | 14,71 |
| 11:00 | 41,65 | 358 | 10,51 | 23:00 | 49,28 | 348,7 | 12,81 |
| 12:00 | 40,95 | 358,8 | 10,31 | 24:00 | 45,81 | 353 | 11,75 |

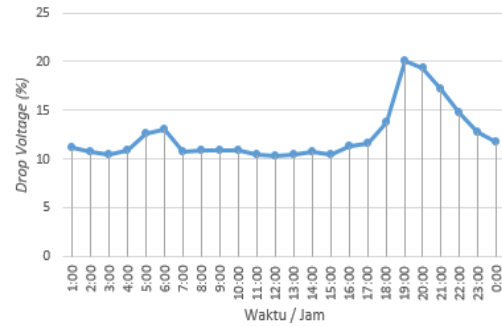
Tabel 1 menunjukkan bahwa salah satu pembebanan transformator PB 0003 pada pukul 13:00 adalah sebesar 41,65 kVA, tegangan sebesar 358 Volt, dan persentase jatuh tegangan sebesar 10,51 %.

Gambar 8 menunjukkan bahwa tegangan pada pukul 13:00 sebelum terhubung dengan DG yaitu sebesar 358 Volt, dengan persentase jatuh tegangan yaitu sebesar 10,51 %, dan tegangan pada saat beban puncak malam hari pukul 19:00 yaitu sebesar 319,5 Volt dengan persentase jatuh tegangan 20,12 %.



Gambar 8. Grafik Profil Tegangan PB 0003

Gambar 9 menunjukkan transformator PB 0003 dengan kapasitas 100 kVA memiliki persentase jatuh tegangan melebihi 10 % selama 24 jam, hal ini dikarenakan letak beban cukup jauh dari sumber tenaga listrik. Persentase jatuh tegangan pada pukul 19:00 mengalami peningkatan, hal ini dikarenakan beban puncak pada transformator terjadi pada pukul 19:00.



Gambar 9. Grafik Persentase Jatuh tegangan PB 0003

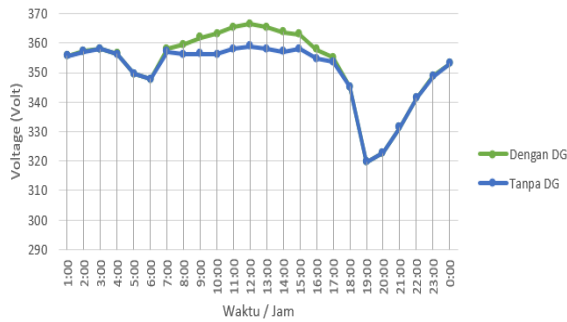
4.3 Profil Tegangan Skenario Dua

Contoh hasil dari salah satu profil beban pada simulasi untuk mengetahui profil tegangan pada busbar dengan kondisi setelah pemasangan DG ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Simulasi Skenario Dua

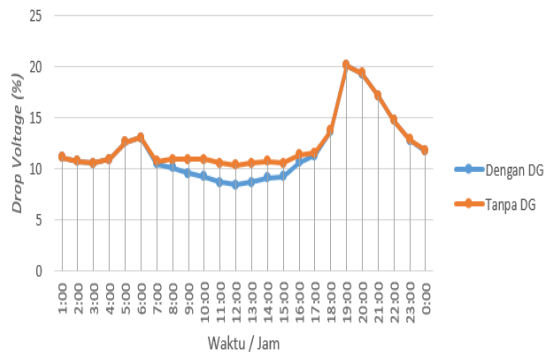
| Jam | Beban (kVA) | Tegangan (Volt) | Drop Tegangan (%) | Jam | Beban (kVA) | Tegangan (Volt) | Drop Tegangan (%) |
|-------|-------------|-----------------|-------------------|-------|-------------|-----------------|-------------------|
| 1:00 | 43,73 | 355,6 | 11,11 | 13:00 | 41,65 | 365,4 | 8,65 |
| 2:00 | 42,34 | 357,2 | 10,7 | 14:00 | 42,34 | 363,7 | 9,06 |
| 3:00 | 41,65 | 358 | 10,5 | 15:00 | 41,65 | 363 | 9,24 |
| 4:00 | 43,03 | 356,4 | 10,91 | 16:00 | 44,42 | 357,8 | 10,56 |
| 5:00 | 48,59 | 349,7 | 12,58 | 17:00 | 45,12 | 355 | 11,25 |
| 6:00 | 49,98 | 347,9 | 13,02 | 18:00 | 52,06 | 345,3 | 13,67 |
| 7:00 | 42,34 | 358,2 | 10,44 | 19:00 | 69,41 | 319,6 | 20,1 |
| 8:00 | 43,03 | 359,7 | 10,09 | 20:00 | 67,33 | 322,8 | 19,31 |
| 9:00 | 42,76 | 361,9 | 9,53 | 21:00 | 61,77 | 331,4 | 17,16 |
| 10:00 | 43,03 | 363,1 | 9,22 | 22:00 | 54,83 | 341,2 | 14,7 |
| 11:00 | 41,65 | 365,4 | 8,65 | 23:00 | 49,28 | 348,8 | 12,8 |
| 12:00 | 40,95 | 366,4 | 8,4 | 24:00 | 45,81 | 353,1 | 11,74 |

Gambar 10 menunjukkan tegangan transformator PB 0003 pada pukul 13:00 sebesar 365,4 Volt. Tegangan saat beban puncak malam terjadi pada pukul 19:00 saat terhubung dengan DG yaitu sebesar 319,6 Volt dengan jatuh tegangan 20,1 %. Jatuh tegangan pada pukul 19:00 di transformator PB 0003 mengalami kenaikan sebesar 0,02%, dikarenakan tidak ada daya keluaran PLTS yang masuk ke Penyulang, dan hanya terhubung dengan PLTMH dengan daya keluaran 7,5 kW.



Gambar 10. Grafik Profil Tegangan Saat Terhubung DG PB 0003

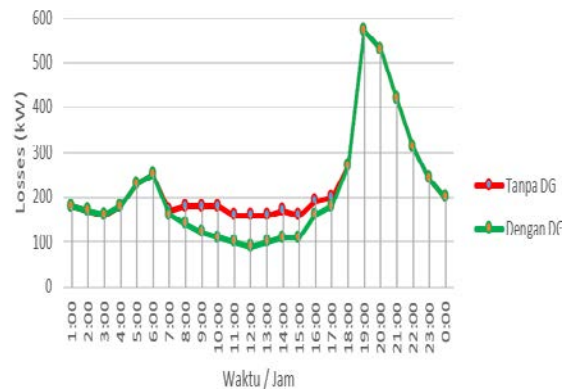
Jatuh tegangan saat terhubung dengan DG dari pukul 1:00 sampai 24:00 mengalami penurunan dibandingkan kondisi sebelum terhubung DG sesuai dengan grafik pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Persentase Jatuh tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan DG PB 0003

4.4 Rugi Daya Skenario Satu dan Dua

Pemasangan DG menghasilkan penurunan rugi daya pada Penyulang Jatiluwih pada pukul 6:00 sampai pukul 18:00. Rugi daya pada pukul 19:00 sampai pukul 05:00 tidak mengalami kenaikan dikarenakan tidak ada daya keluaran PLTS yang masuk ke Penyulang, dan hanya terhubung dengan PLTMH dengan daya keluaran 7,5 kW. Pemasangan DG pada Penyulang Jatiluwih terbukti mampu menurunkan rugi daya dari 5620 kW menjadi 5090 kW.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Terhubung DG

5. SIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, pemasangan DG mampu menurunkan jatuh tegangan saat beban puncak siang maksimal sebesar 2,08 % pada jaringan distribusi sekunder, sehingga tegangan meningkat dari 344,4 V menjadi 352,7 V. Disamping itu, pemasangan DG mampu menurunkan rugi daya sebesar 9,43 % atau sebesar 530 kW dari total rugi daya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vasilki, Vita. *The Impact of Distributed Generation in the Distribution Networks Voltage Profile and Energy Losses*. IEEE European Modelling Symposium, 2015.
- [2] I N. S. Kumara, I. A. D. Giriantari, W. G. Ariastina, "On The Potential and Progress Of Renewable Electricity Generation in Bali," 2014 6th Int. Conf. Inf. Technol. Electr. Eng., 2014.
- [3] I N. S. Kumara, I. A. D. Giriantari, W. G. Ariastina, W. Sukerayasa, N. Setiawan, C. G. I. Partha, "Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap: Menuju Bali Mandiri Energi, Center For Community Based Renewable Energy (CORE) Universitas Udayana, Greenpeace Indonesia, Bali, 2019".
- [4] P. Jean, "Potensi Tenaga Angin Indonesia", Valid News, 2019. <https://www.validnews.id/infografis-potensi-energi-angin> (diakses pada tanggal 26 Januari 2020).
- [5] A. Jingga, "PLTMH Bantuan Jepang di Jatiluwih Mulai Beroperasi", 2017. <https://balitribune.co.id/content/pltmh-bantuan-jepang-di-jatiluwih-mulai-beroperasi> (diakses pada tanggal 27 Januari 2020).

- [6] Siregar, Donal. *Studi Pemanfaatan Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi*. Skripsi Program Studi Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara, 2011.
- [7] Priatna, N. Abisatya. *Analisis Pengaruh Lokasi Distributed Generation Terhadap Susut Daya dan Keandalan Pada Penyulang Abang di Karangasem*. Skripsi Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana, 2014.
- [8] Sunanda, W. *Perbaikan Keandalan Sistem Melalui Pemasangan Distributed Generation*. Jurnal Ilmiah Foristek, Vol.3 No.2, 2013.
- [9] Sitorus Pane, Sylvester. *Penentuan Titik Interkoneksi Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Bantuan Metode Artificial Bee Colony (Studi Kasus: PLTMH Aek Silau)*. Jurnal Universitas Sumatera Utara Vol.12 No. 34, 2015.
- [10] Fitrizawati. *Pengaruh Pemasangan Distributed Generation Terhadap Profil Tegangan Pada Jaringan Distribusi*. Jurnal Techno, Vol. 13 No. 1, 2012.
- [11] Artawa, I N. Cita. *Analisis Pengaruh Pemasangan Distributed Generation Terhadap Profil Tegangan Pada Penyulang Abang Karangasem*. Jurnal SPEKTRUM. 2017; Vol. 16: 79-85.
- [12] Timotius, Eric. *Perencanaan Pemabangkit Listrik Tenaga Surya Hybtid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung*. Jurnal SPEKTRUM. 2018; Vol. 5: 67-73.
- [13] P. D. Sari, I N. S. Kumara, *The Development of Jatiluwih Micro-Hydro Power Plants To Support Tourism Destinations*, 2018 International Student Confrence on Electrical and Computer Engineering (ISCECE), pp. 9-14, ISBN 978-602-294-346-4, Bali, Indonesia, 2018.
- [14] Wihelmina, S Y M Sawai. *Studi Aliran Daya Sistem Jawa-Bali 500 kV Tahun 2007-2011*. Tesis Program Studi Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2008.
- [15] PT. PLN (Persero) Rayon Tabanan. *Single Line Diagram Penyulang Jatiluwih*, Bali, Indonesia, 2019.