

# Evaluasi Penambahan Pembangkit Baru 0,5 MWp Terhadap Profil Tegangan Pada Sistem Distribusi Singosari

<sup>1</sup>Ahmad Iqbal Zajuli, <sup>2</sup>Irrine Budi Sulistiawati, <sup>3</sup>Awan Uji Krismanto

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>3</sup> Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>1</sup>1812024@scholar.itn.ac.id, <sup>2</sup>irrine@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>awan\_uji\_krismanto@lecturer.itn.ac.id.

## Article Info

### Article history:

Received Juny 28<sup>th</sup>, 2022

Revised July 1<sup>st</sup>, 2022

Accepted July 3<sup>th</sup>, 2022

### Keyword:

Voltage Profile

Load Flow

Renewable Energy

Newton-Raphson

## ABSTRACT

The development of renewable energy in Indonesia has grown quite rapidly, one of which is PLTS. With this new power plant, it is hoped that the excessive use of fossil fuels will be reduced. In 2021 there is a new PLTS operating in one of the universities, i.e. at the Malang National Institute of Technology with a capacity of 0.5 MWp. The PLTS works on-grid into the Singosari distribution system through the Karangploso feeder so that the addition of a new generator of 0.5 MWp can cause changes in the voltage profile. The voltage profile itself is the voltage condition to be at the nominal voltage either when there is a change in load conditions or when power losses occur in the line with a standard allowable voltage profile of  $0.95 > V > 1.05$  pu. The study used in this research is a power flow study with the Newton-Raphson method. This method is used to calculate the voltage profile on each bus of the power system either during the base case condition or when the system is integrated with PLTS 0.5 MWp. So that with the addition of a new power plant with a capacity of 0.5 MWp, it is necessary to evaluate the addition of a new generator with a capacity of 0.5 MWp to the voltage profile in the Singosari distribution system through the Karangploso feeder.

Copyright © 2022 Jurnal JEETech.  
All rights reserved.

### Corresponding Author:

Ahmad Iqbal Zajuli,

Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang,

Dsn. Sendi RT.04 RW.23, Ds. Sumbergedang, Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan Jawa Timur, Indonesia.

Email: 1812024@scholar.itn.ac.id

*Abstrak* — Pengembangan energi baru terbarukan di Indonesia telah berkembang cukup pesat, salah satunya adalah PLTS. Dengan adanya pembangkit baru ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil secara berlebihan. Pada tahun 2021 terdapat PLTS baru yang beroperasi di salah satu perguruan tinggi yaitu di Institut Teknologi Nasional Malang dengan kapasitas 0,5 MWp. PLTS tersebut bekerja secara on-grid kedalam sistem distribusi Singosari melalui penyulang Karangploso sehingga dengan adanya penambahan pembangkit baru sebesar 0,5 MWp tersebut dapat menyebabkan perubahan pada profil tegangan. Profil tegangan sendiri adalah kondisi tegangan untuk berada pada tegangan nominalnya baik pada saat adanya perubahan kondisi beban atau pada saat terjadi rugi-rugi daya pada saluran dengan standar profil tegangan yang diperbolehkan berkisar  $0,95 > V > 1,05$  pu. Studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi aliran daya dengan metode Newton-Raphson. Metode ini digunakan untuk memperhitungkan profil tegangan pada setiap bus sistem tenaga baik pada saat kondisi base case atau pada saat sistem terintegrasi dengan PLTS 0,5 MWp. Sehingga dengan adanya penambahan pembangkit

baru dengan kapasitas 0,5 MWp perlu diadakan evaluasi penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp terhadap profil tegangan pada sistem distribusi Singosari melalui penyulang Karangploso.

## I. Pendahuluan

Pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia telah berkembang cukup pesat, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), di Indonesia sendiri sudah banyak PLTS yang terpasang dengan kapasitas yang cukup besar, hal ini akan memberikan dampak positif karena dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang semakin lama semakin berkurang [1][2][3].

Pada tahun 2021 terdapat PLTS baru yang berada di Institut Teknologi Nasional Malang dengan kapasitas 0,5 MWp yang terintegrasi dengan sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso [4]. Dengan adanya penambahan pembangkit baru ini, maka perlu diadakan analisis ulang

berupa studi aliran daya untuk mengetahui nilai profil tegangan sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso.

Sistem integrasi merupakan kondisi dimana dua sistem berbeda yang saling terhubung, sistem distribusi yang terintegrasi dengan PLTS (sistem *on-grid*) memerlukan inverter dan meteran exim (ekspor-impor)[5]. Sistem *on-grid* bekerja dengan cara panel surya mengubah sinar matahari menjadi arus listrik searah, yaitu *Direct Current* (DC). Arus ini kemudian dikirim ke inverter. Inverter surya kemudian mengubah arus DC menjadi arus listrik bolak-balik *Alternating Current* (AC), kemudian menyalurkan arus tersebut ke berbagai perangkat elektronik di rumah. Listrik ini kemudian dialihkan ke jaringan untuk penggunaan sehari-hari [6].

Studi aliran daya sendiri merupakan studi yang digunakan untuk menghitung tegangan, arus, daya aktif ataupun daya reaktif dalam keseluruhan sistem tenaga pada saat ini ataupun pada saat yang akan datang. Sehingga bisa memperhitungkan kondisi sistem saat terjadi berbagai situasi dalam sistem baik itu penambahan beban, terjadinya gangguan, dan lain sebagainya. Studi aliran daya yang digunakan biasanya menggunakan metode *Newton-Raphson* atau metode *Gauss-Seidel*[7], dalam penelitian ini, digunakan metode *Newton-Raphson* untuk memperhitungkan profil tegangan pada setiap bus dalam sistem tenaga saat base case ataupun saat ada penambahan pembangkit baru sebesar 0,5 MWp [8][9].

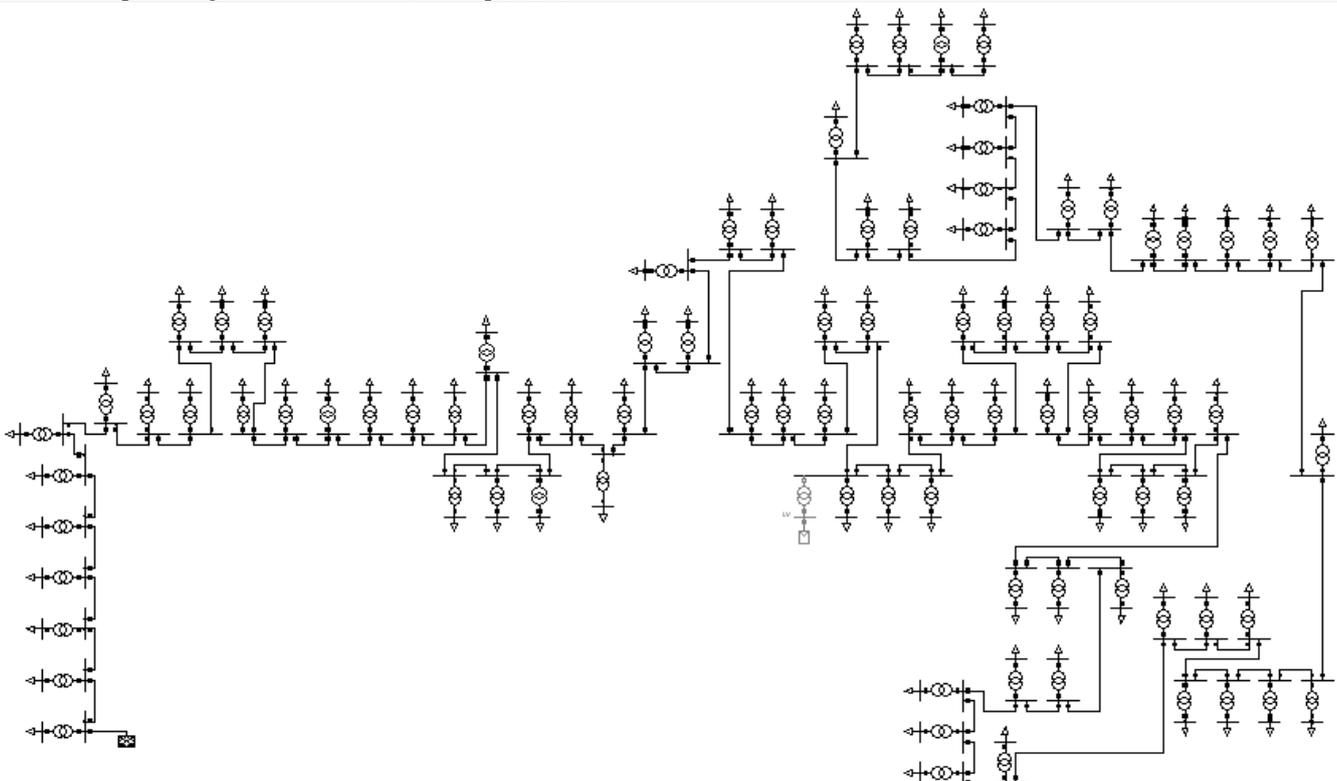
Profil tegangan sendiri merupakan kondisi tegangan yang berada pada tegangan nominalnya pada saat terjadi perubahan kondisi beban ataupun pada saat terjadi rugi-rugi daya dalam sistem tenaga [10]. Tegangan harus tetap berada dalam standarnya, yaitu ( $0.95 \leq n \leq 1.05 p.u$ ), apabila tegangan kurang dari 0.95 p.u maka tegangan berada dalam kondisi *undervoltage*, sedangkan jika tegangan lebih dari 1.05 p.u, maka tegangan berada dalam kondisi *overvoltage* [11].

Penelitian ini akan melakukan analisis evaluasi penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp terhadap profil tegangan pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso. Sehingga, didapatkan hasil analitik untuk dijadikan referensi bagi PLN di kemudian hari.

## II. Metode Penelitian

### A. Metode

Sistem kelistrikan yang digunakan pada penelitian ini merupakan sistem kelistrikan distribusi Singosari penyulang Karangploso 20 kV yang akan di modelkan menggunakan aplikasi DigSILENT PowerFactory dan dilakukan simulasi load flow untuk mengetahui nilai profil tegangan yang ada pada setiap bus dalam sistem tenaga. Data yang digunakan merupakan data terakhir yang di ambil oleh PT. PLN (persero) ULP Singosari pada bulan September 2021.

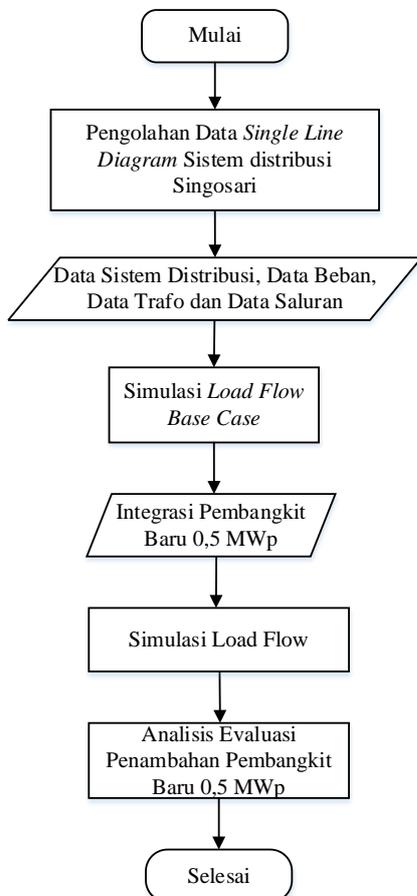


Gambar 1. Single Line Diagram Sistem Distribusi Singosari Penyulang Karangploso

**B. Gambar dan Tabel**

Pada gambar 2 menjelaskan mengenai alur simulasi evaluasi penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp terhadap profil tegangan pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso.

1. Mulai.
2. Mengolah *Single Line Diagram* sistem distribusi Singosari menggunakan aplikasi *DigSILENT PowerFactory*.
3. Memasukkan data sistem distribusi berupa data beban, data trafo dan data saluran.
4. Melakukan simulasi *load flow* saat *base case* menggunakan metode *Newton-Raphson*.
5. Mengintegrasikan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp dengan sistem distribusi Singosari.
6. Melakukan simulasi *load flow* dengan integrasi pembangkit baru dengan sistem distribusi.
7. Menganalisis evaluasi penambahan pembangkit baru 0,5 MWp.
8. Selesai

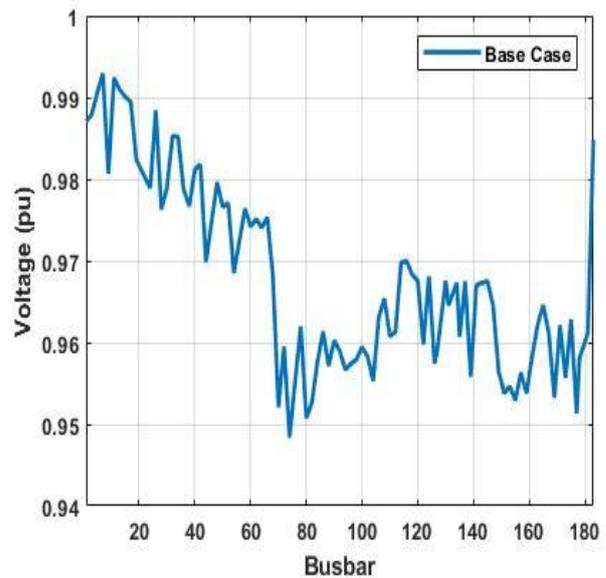


Gambar 2. Evaluasi Penambahan Pembangkit Baru 0,5 MWp

**III. Hasil dan Pembahasan**

Analisis yang dilakukan merupakan analisis base case menggunakan simulasi *load flow* dengan metode *Newton-Raphson* untuk mendapatkan nilai profil tegangan dan analisis evaluasi penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp terhadap profil tegangan pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso.

1. Hasil profil tegangan saat *base case*



Gambar 3. Hasil profil tegangan saat *base case*

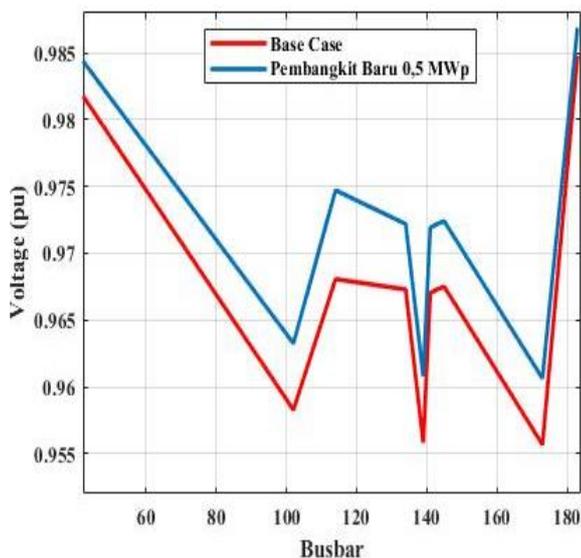
Gambar 3 menunjukkan bahwa setelah dilakukan simulasi *load flow* terdapat 1 bus yang mengalami keadaan *undervoltage* yaitu pada bus 74 dengan nilai profil tegangan sebesar 0.9483 p.u, hal ini dikarenakan pada data yang didapatkan terjadi kondisi *overload* pada bus 74 (Desa Tasikmadu), *overload* sendiri merupakan keadaan dimana kondisi beban yang besar tidak mendapat suplai daya yang tidak mencukupi dari pembangkit.

2. Hasil profil tegangan sistem terintegrasi dengan beban terkecil

Tabel 1. Beban terkecil

No	Bus	Beban (kVA)
1	42	1.154
2	102	0.688
3	114	0.307
4	134	4.148
5	139	0.707
6	141	0.65
7	143	0.698
8	145	5.49
9	173	5.57
10	183	4.148

Pada percobaan ini dilakukan analisis dengan menggunakan beban terkecil pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso, dipilih 10 beban terkecil untuk dilakukan analisis.



Gambar 4. Hasil profil tegangan sistem terintegrasi dengan beban kecil

Gambar 4 menunjukkan bahwa ketika sistem mendapat tambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp, terjadi peningkatan nilai profil tegangan pada setiap bus. Dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil profil tegangan sistem terintegrasi dengan beban kecil

No	Bus	Profil Tegangan (p.u) Base Case	Profil Tegangan (p.u) Sistem Integrasi
1	42	0.981787	0.9843989
2	102	0.9582685	0.9632488
3	114	0.968073	0.9747284
4	134	0.9672915	0.9721954
5	139	0.9558165	0.9607807
6	141	0.9670189	0.9719241
7	143	0.9672965	0.9722003
8	145	0.9675019	0.9724047
9	173	0.9556703	0.9606343
10	183	0.9848119	0.9869034

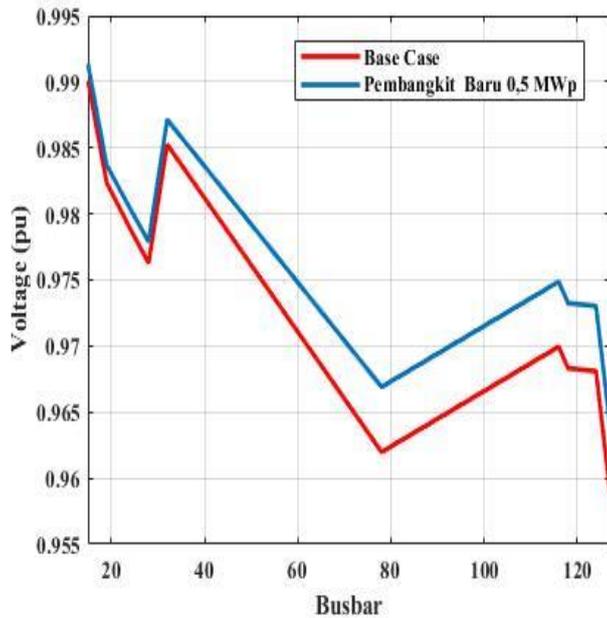
Dengan penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp, sistem distribusi mengalami peningkatan profil tegangan sebesar 0.0021 – 0.0067 p.u pada 10 beban terkecil.

3. Hasil profil tegangan sistem terintegrasi dengan beban terbesar

Tabel 3. Beban terbesar

No	Bus	Beban (kVA)
1	15	105.268
2	19	147.167
3	24	651.523
4	28	122.874
5	32	182.915
6	78	221.507
7	116	249.751
8	118	128.256
9	124	123.98
10	127	238.949

Pada percobaan ini dilakukan analisis dengan menggunakan beban terkecil pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso, dipilih 10 beban terbesar untuk dilakukan analisis.



Gambar 5. Hasil profil tegangan sistem terintegrasi dengan beban besar

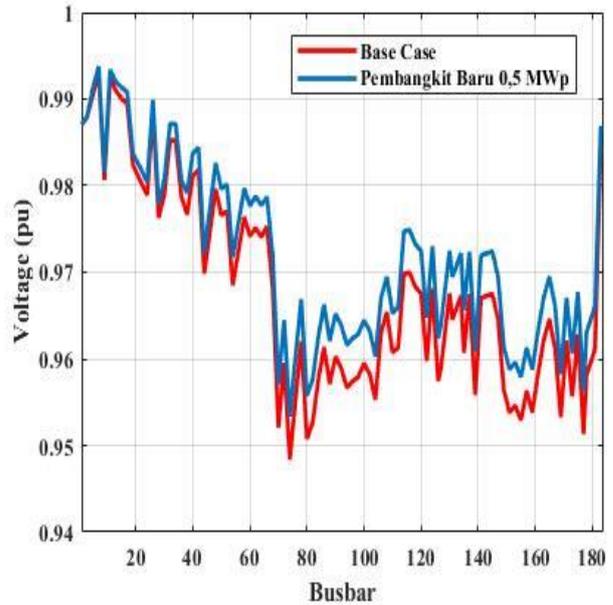
Gambar 5 menunjukkan bahwa ketika sistem mendapat tambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp, terjadi peningkatan nilai profil tegangan pada setiap bus. Dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil profil tegangan sistem terintegrasi dengan beban besar

No	Bus	Profil Tegangan (p.u) Base Case	Profil Tegangan (p.u) Sistem Integrasi
1	15	0.9900759	0.9913565
2	19	0.9823667	0.9837109
3	24	0.9789127	0.9804246
4	28	0.9762833	0.9779003
5	32	0.9852562	0.987133
6	78	0.9619746	0.9669054
7	116	0.9699487	0.974869
8	118	0.9683212	0.9732498
9	124	0.9680944	0.9730244
10	127	0.9590239	0.963971

Dengan penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp, sistem distribusi mengalami peningkatan profil tegangan sebesar 0.0013 – 0.0049 p.u pada 10 beban terbesar.

4. Hasil profil tegangan semua bus



Gambar 6. Hasil profil tegangan semua bus saat sistem distribusi terintegrasi dengan PLTS

Gambar 6 menunjukkan bahwa ketika sistem mendapat tambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp, terjadi peningkatan profil tegangan pada semua bus, yang artinya profil tegangan pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso secara keseluruhan mengalami peningkatan profil tegangan. Dapat dilihat pada tabel 5.

Dengan adanya penambahan pembangkit daya baru dengan kapasitas 0,5 MWp, semua profil tegangan pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso mengalami peningkatan profil tegangan dengan total tegangan yang dihasilkan dari semua bus adalah

$$\sum V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_{88}$$

$$V = 0.3376 \text{ p.u}$$

Jadi, total tegangan yang didapatkan setelah adanya pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp pada sistem distribusi Singosari penyulang Karangploso adalah 0.3376 p.u

#### IV. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan studi aliran daya dengan menggunakan metode Newton-Raphson untuk mengetahui nilai profil tegangan saat *base case* dan pada saat penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp.
2. Beban yang ada pada sistem distribusi berbeda-beda, sehingga digunakan dua analisis yaitu pada beban dengan kapasitas besar (10 beban) dan pada beban dengan kapasitas kecil (10 beban).
3. Saat dilakukan simulasi, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan profil tegangan pada semua bus, baik itu bus dengan kapasitas beban besar ataupun kecil, dapat dikatakan bahwa dengan adanya penambahan pembangkit baru dengan kapasitas 0,5 MWp, nilai profil tegangan akan mengalami peningkatan.
4. Kenaikan profil tegangan pada setiap bus cukup signifikan, yaitu berada di sekitar

Adapun saran yang diberikan oleh penulis terhadap penelitian ini adalah :

1. Daya yang dihasilkan oleh PLTS bervariasi, sehingga perlu diadakan analisis untuk setiap variasi daya yang dihasilkan oleh PLTS.
2. Data beban yang diambil merupakan data beban puncak pada malam hari dan merupakan data yang diambil sekali dalam setahun, akan lebih baik jika data beban menggunakan data beban pada siang hari dan malam hari untuk mengetahui perbedaan dari profil tegangan yang ada dalam sistem tenaga.

#### V. Daftar Pustaka

Daftar pustaka mengikuti format IEEE seperti terlihat di bawah ini. Untuk memudahkan sangat dianjurkan untuk menggunakan *Endnotes Program* ataupun *Mendelay* di dalam mengatur daftar pustaka.

- [1] M. A. Usova and V. I. Velkin, "Possibility to Use Renewable Energy Sources for Increasing the Reliability of the Responsible Energy Consumers on the Enterprise," pp. 2–5, 2018.
- [2] snehasish dey Paul, Subhdeep, tathagata dey, pallab saha, ruma sen, "Review on the development scenario of renewable energy in different country," pp. 44–45, 2021.
- [3] M. S. Boedoyo, P. Teknologi, and S. Energi, "Potensi dan peranan plts sebagai energi alternatif masa depan di indonesia," vol. 14, no. 2, pp. 146–152, 2012.
- [4] W. P. Perdana, R. N. Hasanah, and H. S. Dachlan, "Evaluasi Keandalan Sistem Tenaga Listrik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial Gardu Induk Blimbing," *Eeccis*, vol. III, no. 1, pp. 6–12, 2009.
- [5] Sapto Prayogo, "Pengembangan sistem manajemen baterai pada PLTS menggunakan on-off grid tie inverter," *J. Tek. Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 58–63, 2019, doi: 10.35313/energi.v9i1.1646.
- [6] B. A. Pramudita, B. S. Aprillia, and M. Ramdhani, "ANALISIS EKONOMI ON GRID PLTS UNTUK RUMAH 2200 VA," vol. 1, no. 2, pp. 23–27, 2020.
- [7] Diana Mulya Dewi, Nuzul Hikmah, Imam Marzuki, and Ahmad Izzuddin, "Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Pada Penyulang Suryagraha," *J. JEETech*, vol. 1, no. 1, pp. 22–30, 2020, doi: 10.48056/jeetech.v1i1.4.
- [8] M. Fikri and D. Anggaini, "Metode Newton Raphson Untuk Analisis Aliran Daya Jaringan," vol. 8, no. 2, pp. 114–121, 2018.
- [9] H. Jmii, "Newton-Raphson Load Flow Method for Voltage Contingency Ranking," *2018 15th Int. Multi-Conference Syst. Signals Devices*, pp. 521–524, 2018.
- [10] R. Bawazir, N. Cetin, M. Mosbah, and S. Arif, "Improvement of the Voltage Profile of the Distribution Network by Optimal Integration of PVbased Decentralised Source," *2020 Int. Conf. Electr. Eng. ICEE 2020*, pp. 29–32, 2020, doi: 10.1109/ICEE49691.2020.9249895.
- [11] H. Suyono and N. Hasanah, "Perbaikan Profil

Tegangan pada Feeder Harapan Baru Lima ( H5 )  
Area Samarinda untuk Pengurangan Susut Energi,”

vol. 7, no. 2, pp. 131–136, 2013.