

Efektifitas Penggunaan Tegangan 220V - 5 kV Pada Perencanaan Solar Cell Rooftop Di Gedung Teknologi Informasi Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe

Teuku Hasanuddin¹, Teuku Zulfadli², Zulfikar³, Rudi Syahputra⁴

¹⁻⁴ Jurusan Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹*teukuhasanuddin@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

Abstrak— Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas peningkatan tegangan sistem dari 220 V menjadi 1 hingga 5 kV dengan memanfaatkan saluran ganda sebagai media penyaluran energi dari Pemabangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rooftop menuju Main Panel di lantai satu. Fokus utama penelitian adalah menguji kinerja sistem tegangan menengah dengan saluran ganda untuk meningkatkan efisiensi energi di Gedung Teknologi Informasi dan Komputer (TIK) Politeknik Negeri Lhokseumawe. Tahapan penelitian dimulai dengan identifikasi beban maksimum serta distribusi energi dari main panel ke sub panel pada setiap lantai, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kebutuhan jumlah panel surya yang dirangkai seri-paralel hingga menghasilkan tegangan 1–5 kV. Sistem ini dianalisis pada konfigurasi jaringan tunggal dan ganda untuk mengetahui rugi-rugi daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan saluran ganda mampu menekan rugi-rugi daya hingga 50% dibandingkan saluran tunggal pada berbagai level tegangan, yakni 220 V, 1000 V, 2000 V, 3000 V, 4000 V, dan 5000 V. Peningkatan tegangan terbukti memperbaiki efisiensi energi, di mana rugi-rugi daya terbesar terjadi pada tegangan 220 V dengan nilai 212,31 W pada beban 50%, 477,71 W pada beban 75%, dan 849,25 W pada beban 100%. Sebaliknya, rugi-rugi daya terkecil diperoleh pada tegangan 5000 V dengan nilai 0,21 W pada beban 50%, 0,46 W pada beban 75%, dan 0,82 W pada beban 100%. Efisiensi penggunaan energi mencapai 99%, tercermin dari rugi-rugi daya sebesar 212,09 W pada beban 50%, 477,25 W pada beban 75%, dan 848,43 W pada beban 100%.

Kata kunci— solar cell, rugi-rugi daya, tegangan menengah

Abstract— This study aims to assess the effectiveness of increasing the system voltage from 220 V to 1 to 5 kV by utilizing dual channels as a medium for distributing energy from the rooftop solar power plant to the main panel on the first floor. The main focus of the study is to test the performance of the medium voltage system with dual channels to improve energy efficiency in the Information and Computer Technology (ICT) Building of the Lhokseumawe State Polytechnic. The research stages begin with identifying the maximum load and energy distribution from the main panel to the sub-panels on each floor, then continued with calculating the required number of solar panels connected in series and parallel to produce a voltage of 1 – 5 kV. This system is analyzed in single and dual network configurations to determine power losses. The results of the study showed that the use of dual channels was able to reduce power losses by up to 50% compared to single channels at various voltage levels, namely 220 V, 1000 V, 2000 V, 3000 V, 4000 V, and 5000 V. Increasing the voltage was proven to improve energy efficiency, where the largest power losses occurred at a voltage of 220 V with a value of 212.31 W at a load of 50%, 477.71 W at a load of 75%, and 849.25 W at a load of 100%. Conversely, the smallest power losses were obtained at a voltage of 5000 V with a value of 0.21 W at a load of 50%, 0.46 W at a load of 75%, and 0.82 W at a load of 100%. Energy efficiency reached 99%, reflected in power losses of 212.09 W at 50% load, 477.25 W at 75% load, and 848.43 W at 100% load.

Kata kunci— solar cell, power losses, medium voltage.

I. PENDAHULUAN

Pada Tahun 2024 telah dilakukan penelitian Perencanaan PLTS pada Gedung TIK PNL. Hasil yang diperoleh jumlah panel surya yang dibutuhkan 974 buah untuk operasional 24 jam dan 326 buah dengan operasi 8 jam. Luas area yang dibutuhkan seluas 1870 m² untuk operasi 24 jam dan 626 m² untuk operasi 8 jam berdasarkan perhitungan spesifikasi teknis dari solar panel. Tegangan Sistem yang digunakan 220/380V. Tegangan sistem yang rendah ini menimbulkan rugi-rugi daya yang besar pada penyaluran dari rooftop ke lantai 1 gedung TIK[1].

Rugi-rugi daya pada saluran terjadi karena adanya hambatan dalam konduktor yang menyebabkan sebagian energi listrik berubah menjadi panas. Rugi-rugi ini biasanya terjadi pada kabel penyaluran, terutama saat arus listrik yang mengalir cukup besar. Salah satu cara paling efektif untuk mengurangi rugi-rugi daya adalah dengan menaikkan tegangan sistem. Dengan tegangan yang lebih tinggi, arus listrik yang dibutuhkan untuk menyalurkan daya menjadi lebih kecil, sehingga panas yang timbul akibat hambatan kabel juga berkurang. Selain itu, penggunaan saluran ganda juga membantu mengurangi rugi-rugi daya. Hal ini tidak hanya mengurangi kehilangan energi, tetapi juga meningkatkan keandalan sistem jika terjadi gangguan pada salah satu jalur. Cara lain yang efektif adalah dengan memperbesar luas penampang kabel[2].

Penelitian ini berfokus pada studi terhadap kehilangan daya (rugi-rugi daya) dalam sistem distribusi energi listrik, khususnya pada implementasi PLTS di gedung TIK Politeknik Negeri Lhokseumawe. Kehilangan daya merupakan aspek krusial yang dapat menurunkan efisiensi sistem kelistrikan secara keseluruhan, sehingga perlu dianalisis secara mendalam untuk mengetahui sumber dan tingkat kehilangannya. Penelitian ini menitikberatkan pada evaluasi rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran utama dari panel surya di atap (rooftop) menuju panel utama di lantai satu. Selain itu, dilakukan kajian terhadap alternatif solusi teknis berupa peningkatan tegangan dari 220/380 V ke 5 kV serta penerapan sistem saluran ganda. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penyaluran energi sekaligus memperbaiki kualitas daya listrik. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap penghematan energi dan penguatan pemanfaatan energi terbarukan, sejalan dengan kebijakan pemerintah dalam mendukung efisiensi energi di lingkungan institusi pendidikan khususnya Politeknik Negeri Lhokseumawe[3].

Nazaruddin melakukan simulasi aliran daya untuk kondisi beban tak seimbang pada jaringan distribusi radial. Penyelesaian aliran daya tak seimbang disimulasikan dengan software aplikasi ETAP versi 7.0.0, yang akan diuji pada jaringan distribusi radial penyulang Syiah Kuala system kelistrikan Banda Aceh. Hasil simulasi program

menunjukkan bahwa rugi-rugi daya (losses) paling besar terjadi pada kabel 1 yang menghubungkan GH Merduati dengan bus 1 yang melayani beban GD SKL 2 yaitu 0,223% untuk fasa A, 0,224% untuk fasa B dan 0,224% untuk fasa C. Total rugi-rugi daya (losses) yang terjadi pada penyulang Syiah Kuala yaitu sebesar 5 KW dan 6,2 KVAR. Drop tegangan yang paling tinggi juga terjadi kabel 1 yang menghubungkan Gardu Hubung (GH) Merduati dengan bus 1 yang melayani beban GD SKL 2 yaitu 0,31 % untuk fasa A, 0,32% untuk fasa B dan 0,32 % untuk fasa C[4]. Adib Gustian melakukan simulasi aliran daya di PT. Asia Pacific Fibers Tbk Kendal, dengan karakteristik beban terpusat (lumped load). Analisis aliran daya diawali menghitung daya aktif dan daya reaktif pada setiap simpul (bus) terpasang, pembebanan pada transformator, pembebanan pada saluran atau penghantar, nilai rugi daya (Losses), jatuh tegangan sistem, dan aliran daya pada jaringan sistem tenaga listrik terpasang. Dari hasil perhitungan aliran daya berbantuan program ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) dapat disimpulkan bahwa sistem jaringan listrik sudah baik. Hasil yang diperoleh adalah selisih rugi daya aktif dan rugi daya reaktif pada Bus Beban 4 terlalu besar. Sedangkan jatuh tegangan masih memenuhi standar menurut hasil Text Report pada ETAP[5]. Ali Supriyadi melakukan simulasi aliran daya metode Gauss-Seidel dan metode Newton Raphson. Metode Newton Raphson lebih cepat mencapai nilai konvergen sehingga proses iterasi yang berlangsung lebih sedikit. Dengan menggunakan ETAP dapat diketahui dengan cepat tindakan apa yang harus diketahui, dari hasil analisa untuk memperbaiki keadaan over excited pada generator 2 dilakukan penambahan kapasitor pada bus yang terhubung langsung dengan generator 2 sebesar 21 Mvar[6].

Sementara penelitian tentang penggunaan pembangkit listrik tenaga surya juga telah banyak dilakukan terbukti dengan banyaknya literatur yang mengangkat masalah tersebut. Diantaranya adalah Nelly Safitri dan kawan-kawan melakukan penelitian kordinasi panel surya satu phasa pada penyulang beban tiga phasa tidak seimbang dan penggunaan IT/OT digitalisasi yang terhubung pada grid untuk perbaikan profil tegangan [7][8]. Zamzami dan kawan-kawan juga melakukan penelitian efek distribusi panel surya yang tidak seragam untuk perbaikan tegangan pada penyulang residential[9]. Hasanuddin dan kawan-kawan merancang PLTS 10 MW di kota Lhokseumawe sebagai distributed generation. Daya efektif sebesar 10 MW dengan energy listrik sesuai dengan jam operasi yang direncanakan yaitu 4 jam untuk melayani beban puncak dari jam 19.00 samapi dengan 22.00, 6 jam untuk melayani beban puncak dari jam 18.00 sampai dengan jam 00.00, 12 jam untuk pelayanan siang hari dari jam 06.00 samapai dengan jam 18.00 dan 24 jam untuk pelayanan kontinue tanpa pemutusan. Hasil analisis pada penelitian ini komponen yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya 10 MW tersebut adalah 300.000 panel surya 80WP dengan luas lahan yang dibutuhkan 11,8 Ha, 500.000 baterai 100Ah, 4800 inverter 5 kVA, 48 transformator 20 kV 500 kVA, 5 tranfsformator 150 kV 5 MVA. Sudut peletakan panel surya yang paling efektif adalah pada winter 60o , spring/autumn 84o , summer 108o . Setelah dilakukan optimasi dengan penambahan distributed generation sistem kelistrikan 150 kV Aceh terjadi pengurangan rugi-rugi daya terbesar antara penyulang Pangkalan Brandan dengan penyulang Langsa sebesar 2,46

MW. Total rugi-rugi daya yang dapat kurangi setelah adanya distributed generation Gampong Jeulikat 10 MW pada sistem 150 kV Aceh yaitu sebesar 2,234 MW atau 0,08 % dengan tingkat penetrasi daya distributed generation sebesar 10 MW. [10].

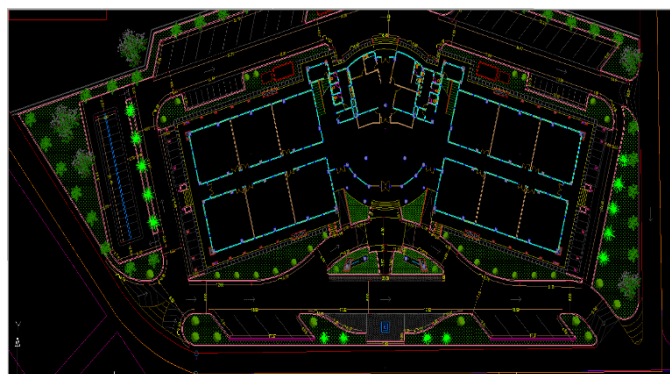
Untuk peletakan kemiringan sudut panel surya Yassir dan kawan-kawan melakukan penelitian menggunakan metode algoritma genetika untuk area Sabang dengan sudut optimal yang dihasilkan pada simulasi tersebut sama dengan 60 menghadap ke selatan dengan perbandingan terhadap sudut kemiringan 15, 30, dan 60 menghadap ke selatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan dengan sudut optimal dengan metode algoritma genetika dapat meningkatkan energi yang diterima oleh panel surya sebesar 2%, 9,5%, dan 38%. Sudut kemiringan, arah panel surya dan sudut penyimpangan terhadap garis lintang (azimuth) pemasangan tetap dapat mempengaruhi total daya yang dihasilkan panel surya (PV). Yassir dan kawan-kawan melakukan penelitian di area Politeknik negeri Lhokseumawe mengenai optimalisasi sudut permukaan azimuth PV pemasangan tahunan dengan metode algoritma genetika (GA). Hasil menunjukkan energy yang diterima PV setelah optimasi sudut azimuth mengalami peningkatan sebesar 3 kWh/tahun/m² [11],[12].

Di bidang perancangan PLTS Muhammad Naim merancang sistem kelistrikan pembangkit tenaga surya off grid 1000 watt di desa Mahalona Kecamatan Towuti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralatan yang dibutuhkan untuk mendukung sistem kelistrikan. PLTS off grid 1000 Watt dan on grid 1500 W adalah Photovoltaic (PV) atau sel Surya berjumlah 4 buah dengan spesifikasi teknis; type cell monocrytalline, efisiensi cell > 15 %, daya maksimum 260 Wp. Solar Charge Controller yang menggunakan teknologi MPPT dengan spesifikasi teknis; tegangan kerja PV max 140 VDC, tegangan kerja baterai 48 VDC, Arus Output max 60 A, efisiensi >97 %, dan kapasitas 1000 Watt [13].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Tempat utama untuk pelaksanaan penelitian ini adalah sistem kelistrikan Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe (PNL) pada Gedung Teknologi Informasi Komputer (TIK) yang dibangun pada tahun 2024 berlantai tiga dengan luas total 5000 m² . Sistem Tegangan 220/380 Volt dengan beban yang terbagi dalam dua katogori yaitu penerangan dan tata udara. Gedung TIK berfungsi sebagai gedung administrasi, proses belajar mengajar, dan laboratorium seperti terlihat pada Gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Area Gedung TIK PNL

B. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisa efektifitas sistem tegangan 5 kV dan saluran ganda pada perencanaan PLTS di gedung TIK PNL sebagai upaya efisien energi listrik. Adapun tahap-tahap penelitian yang dilakukan sebagai berikut;

1. Mengumpulkan data hasil penelitian sebelumnya pada tahun 2024 terkait perencanaan PLTS. Data yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 1. Jumlah Panel Surya Gedung TIK PNL

No	Kategori Beban	Beban (kW)	Jumlah Panel Surya	
			Waktu Operasi PLTS 24 jam	Waktu Operasi PLTS 8 jam
1	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 1	21,3	197	66
2	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 2	18,3	169	57
3	Sistem Penerangan + Kotak Kontak Lantai 3	19,5	180	60
4	Sistem Pendingin Lantai 1	46,3	428	143
Total			974	326

Dari Tabel 1 diatas jumlah panel surya yang dibutuhkan 974 buah untuk operasi 24 jam dan 326 buah untuk operasi 8 jam. Total daya keluaran panel surya 105,4 kW pada tegangan 220/380V

2. Menghitung luas penampang kabel jenis NYY yang terpasang dari rooftop ke lantai 1 gedung TIK PNL pada tegangan 220/380V dan daya 105,4 kW.
3. Membuat konfigurasi susunan panel surya 974 buah dalam bentuk seri dan paralel untuk mendapatkan tegangan 1 kv, 2 kv, 3 kv, 4kV dan 5 kv.
4. Mendesain jaringan kelistrikan PLTS sebagai sumber tegangan dan beban yang terpasang pada gedung TIK PNL.
5. Melakukan simulasi aliran daya dengan kondisi sebagai berikut:

Kondisi A:

- a. Tegangan sistem 220V- 5kV
- b. Saluran tunggal dan Ganda
- c. Beban 50%, 75% dan 100% dari beban maksimum 105,4 kW

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Susunan Panel Surya

Panel surya disusun berdasarkan jumlah panel surya dan tegangan yang dirancang dari 1 kv sampai 5 kV. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel untuk operasi 24 jam dan 8 jam dengan jumlah panel surya 974 dan 326 buah. Adapun spesifikasi panel surya yang digunakan dengan nilai tegangan maksimum 37 V maka untuk mendapatkan tegangan sistem 1 sampai 5kV dapat dihitung jumlah panel surya yang diserikan dengan persamaan IV.1 berikut:

$$N_s = V_{sistem} / VPV \tag{1}$$

Keterangan:

- N_s = Jumlah panel surya yang diserikan
- V_{sistem} = Tegangan sistem
- VPV = Tegangan panel surya

Hasil perhitungan untuk menentukan jumlah panel surya berdasarkan persamaan (1) diatas seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kebutuhan Jumlah Panel Surya pada tegangan 1-5kV

Tegangan Sistem (V)	Tegangan Panel Surya (V)	Jumlah Panel Surya
1000	37	27
2000	37	54
3000	37	81
4000	37	108
5000	37	135

Untuk menentukan jumlah paralel yang dibutuhkan untuk setiap sistem tegangan dari 1 sampai 5 kV dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut

$$N_p = (V_{sistem} / VPV) / N_o \tag{2}$$

keterangan

N_p = jumlah paralel sistem

N_o = jumlah panel surya berdasarkan jam operasi

N_s = Jumlah panel surya yang diserikan

V_{sistem} = Tegangan sistem

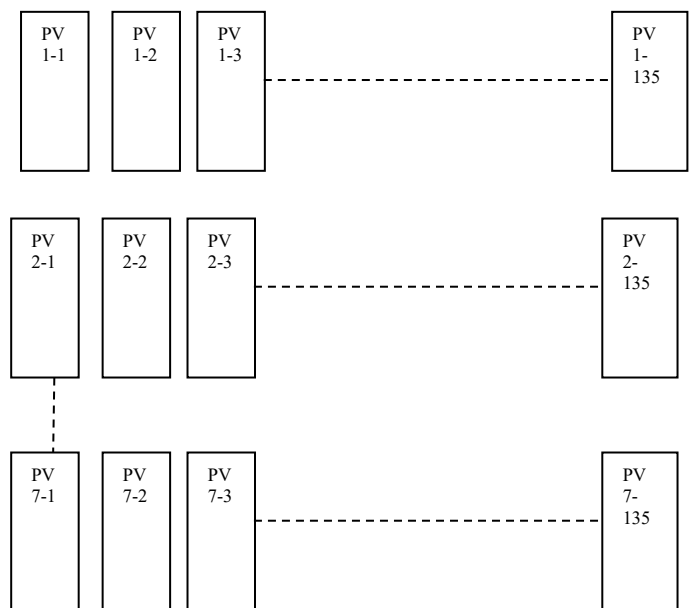
VPV = Tegangan panel surya

Hasil perhitungan untuk menentukan jumlah panel surya berdasarkan persamaan 2 diatas seperti ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Jumlah Panel Surya Seri dan Paralel

Tegangan Sistem (V)	Tegangan Panel Surya (V)	Jumlah Panel Surya operasi 24 Jam	Jumlah paralel sistem 24 Jam	Jumlah Panel Surya operasi 8 Jam	Jumlah paralel sistem 8 Jam
1000	37	974	36	326	12
2000	37	974	18	326	6
3000	37	974	12	326	4
4000	37	974	9	326	3
5000	37	974	7	326	2

Dari tabel 2 dan 3 diperoleh disain susunan panel surya seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Desain Tata Letak Panle Surya Sistem 5 Kv Operasi 24 Jam

B. Perhitungan Luas Penampang Kabel

Kemampuan hantar arus kabel utama dan cabang pada susunan panel surya berdasarkan sistem tegangan dan jam operasional dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$KHA \text{ Kabel} = 1,25 \times (P/V_{\text{sistem}}) \quad (3)$$

Keterangan

P = Daya Panel Surya Pada Gedung TIK

Vsistem = Tegangan Sistem

Berdasarkan persamaan IV.3 dapat dihitung KHA kabel untuk setiap sistem tegangan seperti ditunjukkan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 .Luas penampang kabel dan kemampuan hantar arus

Tegangan Sistem (V)	Daya Panel Surya (W)	KHA Kabel (A)	Luas Penampang Kabel (mm ²)
220	105,4	598,86	240
1000	105,4	131,75	25
2000	105,4	65,88	6
3000	105,4	43,92	4
4000	105,4	32,94	4
5000	105,4	26,35	2,5

C. Perhitungan Rugi rugi daya

Rugi-rugi daya yang muncul pada jaringan feeder dari Panel surya yang terletak di rooftop gedung TIK PNL ke Main Panel pada lantai satu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan IV.4 berikut ini:

$$\text{Prugi-rugi} = I^2 \cdot R \quad (4)$$

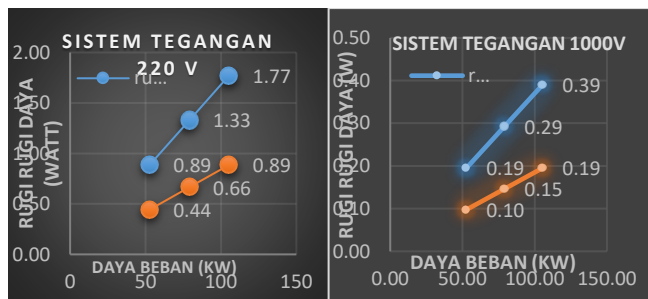
Keterangan

Prugi-rugi = Rugi rugi daya pada kabel feeder

I = Arus pada kabel feeder

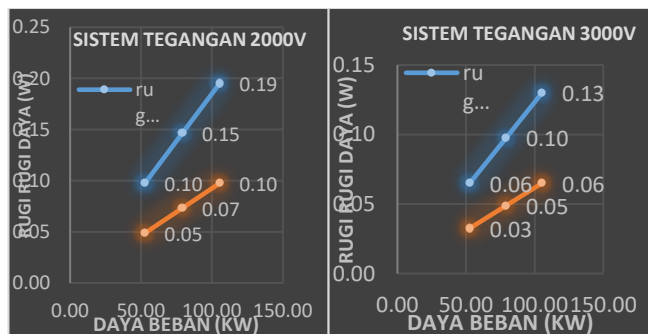
R = resistansi pada kabel feeder

Dengan menggunakan persamaan 4 diperoleh rugi rugi daya seperti pada garifk Gambr 3 berikut untuk saluran ganda dan tunggal.



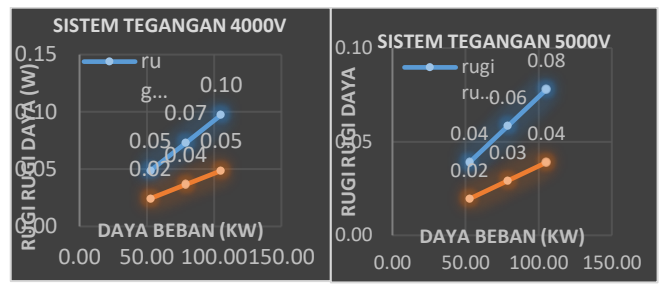
(a)

(b)



(c)

(d)



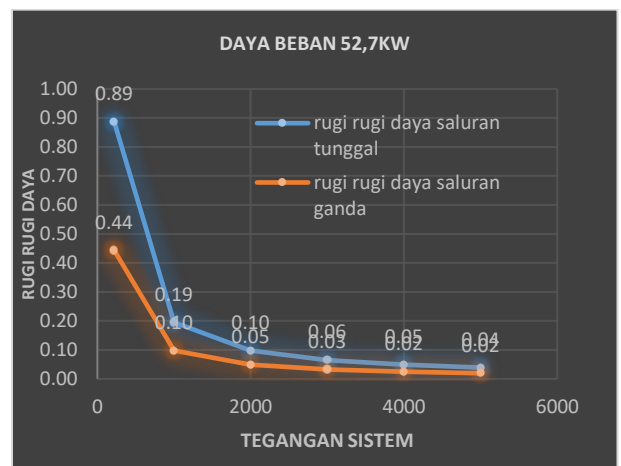
(c)

(d)

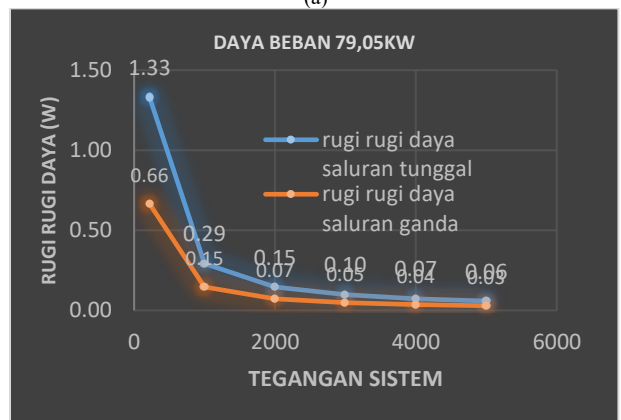
Gambar3.Grafik Rugi-rugi Daya Pada Saluran Tunggal dan Ganda, (a)Sistem tegangan 220V, (b)Sistem tegangan 1000V, (c)Sistem tegangan 2000V, (d)Sistem tegangan 3000V, (e)Sistem tegangan 4000V, (f)Sistem tegangan 5000V

Pada grafik Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi efisien penggunaan energy berupa pengurangan rugi rugi daya pada jaringan dengan melakukan penambahan saluran dari saluran tunggal menjadi saluran ganda. Pengurangan rugi-rugi daya sebesar 50% dari rugi-rugi daya pada saluran tunggal baik pada tegangan 220V, 1000V,2000V,3000V, 4000V maupun pada 5000V.

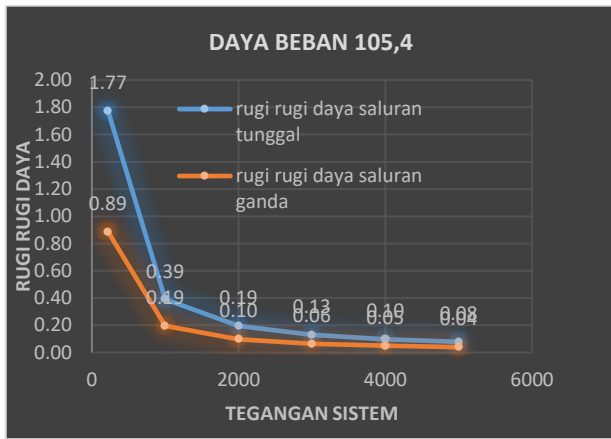
Hasil perhitungan rugi rugi daya pada sistem tegangan yang berbeda dari 220 V sampai 5Kv Menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan seeptri terlihat pada grafik Gambar 4 berikut.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Grafik Rugi-Rugi Daya Pada Perbedaan Tegangan Sistem, (a) Daya Beban 52,7W, (b) Daya Beban 79,05W, (c) Daya Beban 105,4W

Pada grafik Gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi efisien penggunaan energy berupa pengurangan rugi rugi daya pada jaringan dengan melakukan perubahan system tegangan dari 220V sampai 5000V. Rugi-rugi daya terbesar diperoleh pada tegangan 220V sebesar 212,31W pada beban 50%, 477,71W pada beban 75%, dan 849,25W pada beban 100%. Rugi-rugi daya terkecil diperoleh pada tegangan 5000 V sebesar 0,21W pada beban 50%, 0,46W pada beban 75%, dan 0,82W pada beban 100%. Efisien penggunaan energy berupa rugi rugi daya sebesar 212,09 W (99%) pada beban 50%, 477,25W (99%) pada beban 75%, dan 848,43W (99%) pada beban 100%.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa peningkatan tegangan sistem dari 220 V menjadi 1–5 kV dengan penerapan saluran ganda efektif dalam meningkatkan efisiensi penyaluran energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rooftop ke Main Panel Gedung Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan saluran ganda mampu menurunkan rugi-rugi daya hingga 50 persen dibandingkan dengan saluran tunggal pada berbagai level tegangan. Selain itu, peningkatan tegangan berpengaruh signifikan terhadap penurunan rugi-rugi daya, di mana rugi-rugi terbesar terjadi pada tegangan 220 V dan rugi-rugi terkecil diperoleh pada tegangan 5000 V. Dengan efisiensi energi yang mencapai 99 persen. Sistem tegangan menengah dengan saluran ganda dapat direkomendasikan sebagai solusi yang optimal dalam meningkatkan

pemanfaatan energi listrik berbasis PLTS pada bangunan gedung.

REFERENSI

- [1] Hasannuddin Teuku., 2025, “Perencanaan Solar Cell Rooftop di Gedung Teknologi Informasi Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe”, Jurnal Litek, Vol 22, No 1.
- [2] Kurniati Sri., 2016, “Analisis Rugi-Rugi Daya Jaringan Distribusi 20 Kv Pada Sistem PLN Kota Kupang”, Jurnal Media Elektro, Vol.5, No.2.
- [3] Tri Agus Laifatul huda Muhammad., 2024, “ Integrasi Plts Pada Sistem Distribusi 20 Kv Untuk Meningkatkan Profil Tegangan Dan Mereduksi Rugi-Rugi Daya”, Jurnal Magnetika, Vo.8, No.2.
- [4] Nazaruddin, 2014, “Analisis Aliran Daya tak Seimbang pada Jaringan Distribusi Radial”, Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.5.
- [5] Gustian Adib, 2014, “Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0”, Jurnal Teknik Elektro Vol. 7 No. 1.
- [6] Ali Supriyadi, 2016, “Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software Etap 12.6”, Jurnal Swara Parta, Vol.6 No 3.
- [7] Safitri Nelly, Farhad Shahnia, Mohammad AS Masoum, 2016, “Coordination of single-phase rooftop PVs in unbalanced three-phase residential feeders for voltage profiles improvement”, Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering, Taylor & Francis
- [8] Safitri Nelly, Rachmawati, Yassir, 2018, “Electrification, Decentralization and IT/OT Digitization of Grid-Connected Rooftop PVs in Residential Feeder”, GEASC (Global Engineering and Applied Science Conference) Fukuoka Japan.
- [9] Zamzami, Safitri, Nelly, Fauzi, 2018, “Non-uniform Rooftop PVs Distribution Effect to Improve Voltage Profile in Residential Feeder”, Jurnal Telkomnika, Vol. 16 Issue 4.
- [10] Hasanauddin, 2020, “Perancangan Plts 10 Mw Di Gampoeng Jeulikat Sebagai Distributed Generation Pada Sistem 150 Kv Aceh”, Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe, Vol. 4 No.1.
- [11] Yassir, 2019, “ Optimization of Tilt Angle for Photovoltaic: Case Study Sabang-Indonesia”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 536, IOP Publishing.
- [12] Yassir, 2019, “ Optimasi Sudut Penyimpangan Panel Surya Terhadap Garis Lintang dengan Metode Algoritma Genetika, Studi Kasus: Kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe”, Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe Vol.3 No.1.
- [13] Naim Muhammad, 2017, “ Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Mahalona Kecamatan Towuti ”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Dinamika Volume 9 Nomor 1, ISBN : 2085-8817.
- [14] Naim Muhammad, 2017, “ Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Dinamika Volume 8 Nomor 2, ISBN : 2085-8817.
- [15] Nazaruddin, 2025, “Pemasangan kapasitor sebagai upaya peningkatan factor daya pada system distribusi primer 20kv”, Jurnal Litek, Vol 22, No 1.