

Analisis Perhitungan Penggunaan Energi Listrik Sumber DC Pada Rumah Tinggal Tipe 54 Bersumber Energi Terbarukan

Muhammad Daud¹, Arnawan Hasibuan², Widyana Verawaty Siregar³, Mursalin⁴, Rizqan Fachroji⁵

^{1,2,5} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

³ Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis

⁴ Program Studi Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Malikussaleh

Jl. Blang Pulo, Kec. Muara Satu, Kota Lhokseumawe, Aceh

e-mail: mdaud@unimal.ac.id¹, arnawan@unimal.ac.id², widyana.verawaty@unimal.ac.id³, mursalin@unimal.ac.id⁴, rizqan.180150124@mhs.unimal.ac.id⁵

Abstrak— Penelitian ini memaparkan perhitungan secara ekonomis konsumsi energi listrik pada rumah tipe 54 dengan sistem 220 VDC. Simulasi kedua sistem dilakukan dengan software ETAP. Instalasi dalam simulasi sistem dilakukan terhadap beban-beban rumah tinggal dengan kabel yang panjangnya disesuaikan dengan jarak menuju beban-beban. Nilai arus, tegangan dan resistansi saluran dapat diketahui dari hasil *running* program. Nilai rugi-rugi sistem juga dapat diketahui melalui *report manager*. Perhitungan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ini diarahkan sebagai analisis perbandingan biaya sampai kepada biaya perawatan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rugi-rugi total pada instalasi rumah sebesar 0 watt, ini terjadi sebab pada software ETAP hasil simulasi diperlihatkan dalam satuan kWatt.

Kata kunci : Energi Listrik, Rumah Tinggal, Sistem 220 VDC

Abstract— *This study describes the economic calculation of the consumption of electrical energy in a type 54 house with a 220 VDC system. Both systems were simulated using ETAP software. The installation in the system simulation is carried out for residential house loads with cables whose length is adjusted to the distance to the loads. The value of current, voltage and line resistance can be known from the results of the running program. The value of system losses can also be known through the report manager. This solar power plant (PLTS) planning calculation is directed as a cost comparison analysis to maintenance costs. The simulation results show that the total losses in home installations are 0 watts, this occurs because in the ETAP software the simulation results are shown in kWt units.*

Keywords : *Electrical Energy, Residential, 220 VDC Systems*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik yang selama ini kita pakai merupakan salah satu energi yang paling banyak digunakan masyarakat dalam rumah tinggal [1]. Kebutuhan masyarakat akan energi listrik berhubungan pada kebutuhan primer yang tidak mungkin ditinggalkan pada zaman sekarang ini [2]. Dengan peningkatan pertumbuhan penduduk saat ini, maka permintaan energi listrik saat ini juga meningkat [3]. Sampai saat ini, energi yang berasal dari fosil merupakan sumber energi yang utama dalam pemenuhan akan kebutuhan energi dunia. Di sisi lain kita ketahui bahwa, sumber energi untuk kehidupan yang berasal dari bumi ini lambat laun akan habis dan tentunya akan tidak dapat diperbaharui. Maka perlu adanya pengelolaan dan penghematan yang baik agar dapat menahan laju penurunan sumber energi ini. [4].

Perlu adanya program konservasi maupun peningkatan efisiensi energi yang baik di kalangan

masyarakat sampai tingkat nasional yang bertujuan untuk mengurangi pemakaian energi sehingga subsidi energi juga dapat menurun, mengurangi ketidakseimbangan antara ketersediaan dan permintaan konsumsi energi, mengurangi pengaruh emisi karbon H₂O yang dapat mempengaruhi pemanasan global juga perubahan iklim, sehingga dapat meningkatkan daya saing bangsa. Konservasi energi ini menjadi bagian kewajiban dari seluruh elemen dan tahap manajemen energi, yang dimulai mulai dari energi hulu sampai dengan penggunaan energi di sisi hilir dari seluruh sektor dan bagian sebagaimana yang ditetapkan dalam Undang Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi. Juga Peraturan Pemerintah No. 70/2009 yang mengatur tentang pelaksanaan konservasi energi. Pemerintah terus melakukan konservasi energi secara serius dan ini dibuktikan dengan adanya Peraturan Menteri ESDM Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2012 tentang manajemen energi [4].

Pesatnya pertumbuhan dan perkembangan teknologi yang diiringi dengan cepat dan padatnya pembangunan pemukiman, membuat tingkat kebutuhan energi listrik terus meningkat dan bervariasi. Hal ini telah memaksa pemerintah khususnya Perusahaan Listrik Negara (PLN) mencari berbagai regulasi untuk mengatasi masalah tersebut. Dari sekian banyak kebutuhan akan daya listrik, mayoritas beban digunakan untuk menutupi beban listrik perumahan (*residential*) yang membutuhkan catu daya listrik arus searah (DC) dan peralatan rumah lainnya seperti, laptop, peralatan dapur, printer, lampu dengan teknologi LED, TV dan smartphone.

Sementara listrik arus searah atau Direct Current (DC) memiliki beberapa keunggulan, yaitu: cocok untuk sistem desentralisasi atau stand alone atau individual, dalam aplikasinya terjadi sedikit energi yang hilang, dapat disimpan, dan aman. Namun listrik DC mempunyai kelemahan diantaranya, untuk penyaluran jarak jauh diperlukan kabel yang besar, dan dalam realisasinya kurang tersedia aplikasi DC 12V [5].

Sistem listrik DC dapat selaras dengan baik dalam sistem tenaga listrik yang menggunakan sumber energi baru terbarukan [6]. Dimana sumber energi baru terbarukan dewasa ini lebih diminati secara universal karena ramah terhadap lingkungan dan ada tersedia di alam secara bebas.

Keperluan listrik untuk beban perumahan yang bervariasi penggunaannya merupakan salah satu hal yang sangat signifikan untuk dilakukan penyuplaian secara kontinue, sebab tingkat kebutuhan selalu saja meningkat setiap waktu dan periode. Sudah menjadi suatu konsekuensi di era pesatnya perkembangan ilmu dan teknologi seperti sekarang ini, ketersediaan listrik menjadi salah satu bagian dari kebutuhan yang dalam realitanya sudah mencapai pada taraf sangat vital. Bahkan besarnya kebutuhan akan listrik sekarang, membuat pemerintah terus mengupayakan dan menggali berbagai sumber listrik yang ada di Indonesia dengan berbagai regulasi kelistrikan. Regulasi listrik ini dianggap sebagai upaya untuk memecahkan berbagai dinamika dan tingkat kebutuhan listrik pada tingkat beban rumah hunian yang bervariasi pemakaiannya selama ini.

Berdasarkan dinamika kelistrikan yang terjadi selama ini, maka diperlukan suatu penelitian yang mengarah pada kelistrikan arus searah [7]. Hal ini untuk memenuhi beban perumahan yang tumbuh pesat atau untuk melihat pengaruh keberagaman penggunaan beban rumah tinggal terhadap efisiensi konsumsi energi listrik pada sistem DC.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum sistem kelistrikan yang dimanfaatkan oleh masyarakat adalah sistem AC. Dalam sistem kelistrikan dengan sistem DC, tegangan 220 VDC

didapatkan dari tegangan 220 VAC yang disearahkan dengan rangkaian penyearah. Dalam penelitian ini simulasi sistem DC dilakukan dengan cara membuat instalasi DC dan beban-beban DC di rumah tinggal dengan kabel penghubung panjang panjang 20 meter dan 50 meter [8].

A. Energi Listrik

Energi listrik dihasilkan dari pusat-pusat pembangkit listrik yang kemudian dialirkan melalui saluran transmisi yang sebelumnya telah dinaikkan tegangannya melalui transformator penaik tegangan di pusat pembangkit listrik. Lalu tenaga listrik dialirkan melalui jaringan atau saluran transmisi, kemudian tegangan diturunkan melalui transformator (*step down*) yang ada di gardu induk (GI) menjadi tegangan level menengah atau disebut juga sebagai tegangan pada level distribusi primer (utama). Tegangan pada level distribusi primer (utama) yang digunakan PLN biasanya, 20 kV. Setelah itu tenaga listrik dialirkan melalui saluran distribusi primer (utama), kemudian tegangan listrik diturunkan lagi di area gardu-gardu distribusi menuju tegangan rendah sebesar 380/220 Volt atau 220/270 Volt, kemudian dialirkan melalui jaringan level tegangan rendah. Kemudian dialirkan lagi ke rumah-rumah masyarakat sebagai konsumen dari PLN melalui hubungan tegangan rendah [9].

Pada sisi perumahan masyarakat terjadi ketaktetapan energi listrik yang cukup besar, kejadian ini disebabkan karena penggunaan energi listrik sangat menonjol pada malam hari. Lain halnya pada sisi industri bahwa penggunaan energi listrik dapat terjadi sepanjang hari secara terus-menerus, karena pada bagian industri bekerja terus menerus siang dan malam, sehingga ketaktetapan pemakaian energi hampir sama. Sehingga komparasi antara beban puncak dengan beban rata-rata sama dengan satu. Beban pada sisi komersial dan sisi usaha mempunyai ciri yang hampir sama [10] [11].

Permintaan energi listrik rumah tinggal didasarkan atas penggunaan alat-alat listrik (*appliances*) dalam rumah tinggal. Dapat diartikan bahwa tenaga listrik yang digunakan masyarakat dan dibeli dari produsen listrik hanyalah sebagai pelaksana fungsi-fungsi kegiatan di rumah yang memakai peralatan listrik [12]. Secara khusus, tenaga listrik digunakan sebagai penerangan, sebagai pendinginan, sebagai pengaturan temperatur udara, untuk mesin cuci pakaian, untuk mesin pencuci piring, sebagai pemanasan air, sebagai pengoperasian peralatan elektronik seperti telepon genggam, computer, tape recorder, televisi, dan lain-lain. Dengan kata lain tenaga listrik dialih bentuk menjadi energi gerak, energi panas, atau energi pancaran. Oleh karena itu, kebutuhan energi listrik adalah turunan dari permintaan akan ruangan yang dapat menyenangkan seperti pendinginan, penerangan, pembersihan, hiburan, estetika,

pengolahan informasi, dan lain-lain. Jika dalam sistem tenaga listrik memiliki faktor beban yang rendah yang berarti permintaan daya reaktif besar atau tinggi maka pihak PLN akan memberikan tarif pembayaran tersendiri sehingga diperlukan proses perbaikan faktor daya [11] [13].

B. Beban Listrik

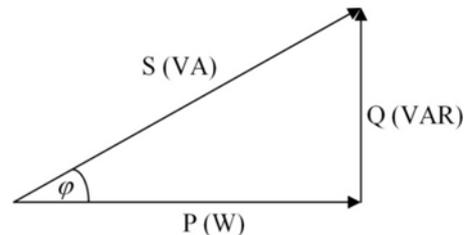
Beban listrik merupakan segala sesuatu yang ditangani oleh pembangkit listrik dan atau semua yang memerlukan energi listrik. Dalam perhitungan atau analisis arus dan tegangan menggunakan hukum Ohm, beban listrik (*load*) diilustrasikan sebagai resistansi listrik. Dengan kata lain, beban listrik akan menghambat aliran arus agar tidak terjadi hubungan pendek. Beban listrik juga bisa diartikan sebagai suatu alat atau benda yang bisa bekerja atau beroperasi jika dialiri arus listrik yang bertegangan [4][14].

C. Distribusi DC

Distribusi arus searah merupakan pengedaran tenaga listrik yang menggunakan tegangan dan arus satu arah atau *direct current* (DC) [15]. Sistem distribusi arus searah adalah sistem pengedaran listrik pertama yang digunakan untuk mengalirkan tenaga listrik. Sistem distribusi ini awal sekali didirikan pada tahun 1882 di negara Amerika Serikat oleh Thomas Alva Edison dengan memakai tegangan rendah 120 V [16].

Penyaluran tenaga listrik menggunakan tegangan DC pada saat ini telah jarang dipergunakan, dan lebih sering penyaluran atau pengedaran tenaga listrik menggunakan tegangan bolak-balik. Namun, penyaluran atau pengedaran tenaga listrik menggunakan tegangan searah atau DC memiliki beberapa keuntungan bila disamakan dengan tegangan bolak-balik. Keuntungan-keuntungan itu tercatat sebagai berikut [17]:

- Dengan rugi daya dan tegangan puncak yang sama, kapasitas penyebaran menggunakan sistem searah lebih besar daripada dengan sistem bolak-balik.
- Isolasi menggunakan sistem searah lebih sederhana dibandingkan dengan menggunakan sistem bolak-balik.
- Efisiensi atau daya terpakai lebih tinggi karena faktor daya menggunakan sistem searah = 1, sedangkan faktor daya menggunakan sistem bolak-balik belum tentu 1, biasanya lebih kecil dari 1 yang mengakibatkan tidak semua daya total adalah daya aktif.



Gambar 1. Segitiga Daya

- Tidak ada masalah frekuensi pada penyaluran baik jarak pendek maupun jarak jauh dengan sistem searah.
- Penerapan sistem searah dapat mengurangi ketaktetapan tegangan pada beban-beban di pelanggan sehingga tegangan yang dipasok ke beban pelanggan dapat dijaga tetap konstan.

D. ETAP (Electrical Transient Analysis Program)

Simulasi sistem tenaga listrik menggunakan perangkat lunak ETAP dapat beroperasi dalam keadaan offline maupun online. Karakteristik khusus yang terdapat pada ETAP pun beragam antara lain karakteristik khusus yang dimanfaatkan untuk menelaah sistem pembangkitan, sistem penyaluran baik transmisi maupun distribusi. Penelaahan sistem tenaga listrik yang bisa dilakukan dalam ETAP antara lain [14]:

- Telaah aliran daya,
- Telaah hubung singkat,
- Telaah kilat busur,
- Pengasutan motor,
- Penyerasian proteksi,
- Telaah kestabilan transien, dll.

Perancangan sebuah sistem tenaga listrik untuk simulasi diperlukan kemampuan yang memadai untuk mengubah suatu sistem tenaga listrik nyata menjadi sebuah sistem dalam bentuk model. Hal ini boleh dikatakan diagram segaris yang dilengkapi data-data nyata dari lapangan. Data-data yang dimaksud misalnya data penghantar, data peralatan dan lain sebagainya. Data tersebut diperlukan agar simulasi bisa dilakukan dan menghasilkan hasil yang menggambarkan keadaan yang mendekati kenyataan sebenarnya yang dapat mempermudah telaah sistem kelistrikan yang memang sudah ada maupun merancang sistem kelistrikan berikutnya dengan baik [18].

III. METODE

A. Mendesain Sistem dan Gambar

Langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian ini adalah dengan mendesain sistem yang berasal dari sistem instalasi dari sebuah rumah tinggal sederhana bertipe 54. Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah telaah dengan simulasi ETAP. Tujuan yang ingin diambil adalah untuk mengetahui

penyinaran matahari selama 6 jam/hari, yang kemudian total panel surya yang diperlukan adalah:

$$\text{Total Panel} = \frac{2850,8 \times 2}{300 \times 6} = 3,18 \approx 4 \text{ buah panel}$$

- b. Pengontrol Pengisian Daya Baterai (PPDB)
 Pengontrol Pengisian Daya Baterai yang dipakai adalah MPPT 40 Ampere, ini digunakan sebab besar nilai Isc pada perangkat panel surya sebesar 9,64 A sehingga dengan sejumlah penggunaan 4 perangkat panel surya memerlukan PPDB 40 A.
- c. *Inverter*
Inverter yang dipakai adalah 3200 Watt gelombang sinus murni (*pure sine wave*) 220 V 50 Hz dengan masukan 48 VDC dan efisiensi 93 %.
- d. Baterai
- e. Baterai yang dipakai jenis deep cycle atau siklus dalam dengan tegangan 12 Volt 200 Ah. Berdasarkan tipe dari perangkat inverter yang dipakai, perangkat inverter akan bekerja pada level tegangan 48 Volt (tegangan masukan untuk tipe inverter 3200 Watt gelombang sinus murni atau pure sine wave. Maka dari ketentuan keperluan tegangan masukan inverter, maka:

$$\text{Total Baterai (berdasarkan tegangan)} = \frac{48V}{12V} = 4 \text{ buah baterai (disusun seri)}$$

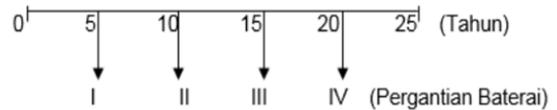
Panel surya yang dipakai adalah 9 buah dengan tiap-tiap panel 300 Wp dan tegangan perangkat panel surya adalah 24 Volt, sehingga untuk masing-masing perangkat panel surya memerlukan baterai:

$$\text{Total Baterai (berdasarkan kapasitas)} = \frac{4 \times 300 \text{ Wp} \times 24 \text{ V}}{48 \text{ V} \times 200 \text{ Ah}} = 3 \text{ buah baterai (disusun paralel)}$$

Selanjutnya jumlah perangkat baterai yang diperlukan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah $4 \times 3 = 12$ perangkat. Besar kuantitas tegangan masukan 48 Volt untuk perangkat inverter yang dipakai dan jumlah perangkat panel surya 9 perangkat dengan masing-masing berdaya 300 Wp serta tegangan tiap perangkat panel surya dengan level tegangan 24 Volt inilah yang menjadi acuan untuk jumlah baterai yang diperlukan untuk PLTS menjadi 12 buah.

F. Niali Ekonomi PLTS

Untuk memperkirakan perhitungan ekonomis dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya selama seperempat abad atau 25 tahun bahwa biaya baterai memerlukan perkalian sebanyak 4.



Gambar 4. Jumlah Pergantian Perangkat Baterai Selama Seperempat Abad atau 25 Tahun

Dari semua peralatan PLTS yang dipakai, kenaikan harga pada tiap tahunnya hanya dari baterai selama seperempat abad atau 25 tahun, namun demikian kita tidak dapat menetapkan berapa besar kenaikan harga baterai tersebut disebabkan ada beberapa faktor yang tidak tentu seperti ketidakstabilan kurs terhadap rupiah, kenaikan inflasi, penurunan sistem pemerintahan, variasi harga bahan bakar minyak dunia.

Lalu harga baterai dengan tegangan 12 Volt 200 Ah diperkirakan tetap Rp.2.380.000 per satu buah selama 25 tahun. Kemudian untuk penambahan jumlah biaya operasional selama seperempat abad atau 25 tahunnya hanya untuk pertukaran baterai adalah:

$$\text{Biaya inkremental operasional} = 4 \times \text{Rp. } 28.560.000 = \text{Rp. } 114.240.000$$

Lalu jumlah biaya yang diperlukan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya selama seperempat abad atau 25 tahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah biaya PLTS (seperempat abad)} &= \text{Investasi awal} + \text{Biaya inkremental operasional} \\ &= \text{Rp. } 59.660.000 + \text{Rp. } 114.240.000 \\ &= \text{Rp. } 173.900.000 \end{aligned}$$

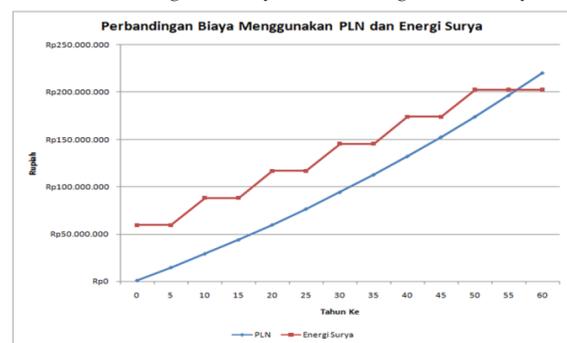
Dari jumlah keseluruhan biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya selama seperempat abad atau 25 tahun tersebut, didapatkan biaya pertahun adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah biaya tahunan} &= \text{Jumlah biaya PLTS (25 tahun)} / 25 \\ &= \text{Rp. } 173.900.000 / 25 \\ &= \text{Rp. } 6.956.000. \end{aligned}$$

Lalu, biaya perbulan selama pemanfaatan PLTS selama seperempat abad atau 25 tahun rerata adalah:

$$\begin{aligned} &\text{Rp. } 6.956.000 / 12 \\ &= \text{Rp. } 579.666,667. \end{aligned}$$

G. Membandingkan Biaya PLN Dengan Sel Surya



Gambar 5. Grafik Perbandingan Biaya Investasi dan Biaya Operasional antara Listrik PLN dengan PLTS sampai dengan 60 Tahun

Dari perhitungan dan telaah yang telah dilakukan diatas, dapat dipahami bahwa ada beberapa keuntungan yang diperoleh jika menggunakan PLTS pada rumah tinggal bila dibandingkan dengan menggunakan listrik dari PLN.

1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya dapat menolong dalam menyelesaikan krisis listrik di kawasan yang tidak terjangkau oleh PLN.
2. Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini memakai perangkat panel surya 300 Wp sejumlah 4 buah, perangkat baterai 12 V 200 Ah sejumlah 12 buah, perangkat inverter 3200 Watt gelombang sinus murni 1 buah, dan perangkat PPDB MPPT 40 A satu buah.
3. Biaya untuk investasi awal PLTS sesuai perencanaan adalah Rp. 59.660.000,00.
4. Perlu tambahan biaya sejumlah Rp. 28.560.000 setiap jangka waktu 10 tahun sekali untuk penukaran baterai.
5. Perhitungan biaya menggunakan PLN disesuaikan dengan tarif Dasar Listrik untuk Pelanggan Rumah Tangga kategori 1.300 VA [22].
6. Perbandingan biayanya dapat dilihat mencapai 57 tahun baru mencapai BEP.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan *running* menggunakan program ETAP dan analisis yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan adalah:

1. Untuk merancang dan merangkai instalasi listrik menggunakan aplikasi ETAP untuk rumah tinggal sistem DC harus memperhatikan semua komponen yang digunakan, semua komponen yang digunakan. Lebih lanjut bahwa dalam menjalankan programnya juga harus memperhatikan sistem yang dijalankan.
2. Untuk melihat hasil jalannya program aliran daya pada ETAP dapat dilihat dari *report* yang dihasilkan, tanpa harus mengukurnya kita dapat ketahui seberapa rugi-rugi daya yang terjadi, berapa tegangan yang terjadi pada setiap bus.
3. Perbandingan pembiayaan jika menggunakan PLTS dengan menggunakan listrik PLN maka terlihat akan mencapai BEP pada tahun ke 55.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Asy'ari, "Aplikasi Photovoltaic Pada Rumah Tinggal Untuk Mengurangi Ketergantungan Energi Listrik Konvensional," 2014.
- [2] N. Fonna, Pengembangan Revolusi Industri 4.0 dalam Berbagai Bidang. Guepedia, 2019.
- [3] A. Hasibuan, E. Ezwarsyah, and I. K. Nasution, "PENENTUAN KAPASITAS KAPASITOR SHUNT DALAM PERBAIKAN COS Φ PADA GEDUNG WORKSHOP TEKNIK MESIN UNIMED DENGAN BEBAN YANG BERVARIASI," J. Electr. Syst. Control Eng., vol. 3, no. 2, pp. 94–107, 2020.
- [4] M. Wijaya, "Dasar-Dasar Mesin Listrik," Jakarta: Djembatan, 2001.
- [5] M. A. Rodriaguez-Otero and E. O'Neill-Carrillo, "Efficient home appliances for a future DC residence," 2008 IEEE Energy 2030 Conf. ENERGY 2008, 2008, doi: 10.1109/ENERGY.2008.4781006.
- [6] R. Putri et al., "Pembangkit Listrik Tenaga Bayu sebagai Sumber Alternatif pada Mesjid Tengku Bullah Universitas Malikussaleh," RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 5, no. 1, pp. 39–44, 2022.
- [7] S. Putra and C. Rangkuti, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal," in PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN, 2016, pp. 21–23.
- [8] A. Hasibuan, B. Badrina, and A. Z. Hasibuan, "SIMULASI ANALISIS ALIRAN DAYA SUB SISTEM ACEH 150 KV MENGGUNAKAN SOFTWARE POWERWORLD SIMULATOR," J. Electr. Syst. Control Eng., vol. 3, no. 1, pp. 42–52, 2019.
- [9] A. Rochman, "Perbandingan Analisis Kelistrikan AC dan DC pada Jaringan Tegangan Rendah," Univ. Indones., 2012.
- [10] A. Hasibuan, F. Dani, I. M. A. Nrartha, and others, "Simulation and Analysis of Distributed Generation Installation on a 20 kV Distribution System Using ETAP 19.0," Bull. Comput. Sci. Electr. Eng., vol. 3, no. 1, pp. 18–29, 2022.
- [11] A. K. Al Bahar, "Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung TI BRI Ragunan," J. ELEKTRO, vol. 6, no. 1, 2018.
- [12] F. S. Desky, S. Hardi, R. Rohana, and M. Harahap, "Intensitas Konsumsi Energi Listrik Dan Analisa Peluang Hemat Energi Pada Gedung A, B Dan M Di Kampus Universitas Pembangunan Panca Budi," RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 4, no. 2, pp. 104–108, 2022.
- [13] A. T. Elsayed, A. A. Mohamed, and O. A. Mohammed, "DC microgrids and distribution systems: An overview," Electr. power Syst. Res., vol. 119, pp. 407–417, 2015.
- [14] A. Hasibuan, A. Bintoro, S. Salahuddin, and R. D. Meutia, "Reliability Distribution System on Load Break Switch Addition at PT. PLN (PERSERO) ULP Langsa City Using RIA-SECTION Technique Combined Method on ETAP 14.1. 0," Andalasian Int. J. Appl. Sci. Eng. Technol., vol. 2, no. 2, pp. 57–64, 2022.

- [15] A. Hasibuan, M. Daud, H. Marjuli, and M. Isa, "Analysis of the Effect of Solar Temperature and Radiation on Characteristics IV on 170 WP Photovoltaic Module Based on Matlab Simulink."
- [16] Shumye Birhan_2017, "Development and Feasibility Study of Medium and Low Voltage Dc Distribution System," no. March, 2017.
- [17] "Tampilan Kinerja Micro Grid Menggunakan Photovoltaic-Baterai dengan Sistem Off-Grid.pdf."
- [18] B. F. Risjayanto and T. Wrahatnolo, "Optimal Capacitor Placement (OCP) Pada Sistem Jaringan Distribusi 20 Kv Menggunakan ETAP," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, 2019.
- [19] H. Mubarak, A. Hasibuan, A. Setiawan, and M. Daud, "Optimal Power Analysis for the Installation of On-Grid Rooftop Photovoltaic Solar Systems (RPVSS) in the Industrial Engineering Laboratorium Building, Bukit Indah Universitas Malikussaleh Lhokseumawe Aceh," in 2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM), 2020, pp. 44–47.
- [20] F. S. Lukman, A. Hasibuan, A. Setiawan, and M. Daud, "Performance Of 25 KWP Rooftop Solar PV At Misbahul Ulum Building, Lhokseumawe City," in 2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM), 2020, pp. 81–86.
- [21] E. S. Nasution and others, "Sistem Analisis Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *J. Eng. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [22] F. S. Lukman, H. Mubarak, and A. Hasibuan, "Power Bank kWh Meter Automatic Meter Reading," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 129–133, 2022