

Optimasi Kestabilan Daya Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan *Support Vector Mechine (SVM)*

¹Muhammad Zainal Roisul A, ²Charis Fathul Hadi, ³Widhi Winata Sakti, ⁴Riska Fita Lestari, ⁵Bambang Sri Kaloko

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Universitas PGRI Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi

⁵ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jember, Kabupaten Jember

¹mzainalra@unibabwi.ac.id, ²charis@unibabwi.ac.id, ³wedexyz@gmail.com, ⁴riskaf128@gmail.com, ⁵kaloko@unej.ac.id

Abstract - The depletion of non-renewable fossil energy sources is the main reason why an alternative energy source is needed to replace fossil energy sources. Renewable energy sources are considered environmentally friendly and sustainable. Solar energy resources have great potential to generate a significant amount of electrical energy through fully integrated solar panel systems, which can be hybridized with energy sources from the national electricity grid (PLN) as the power source. The hybrid system connects the phase and neutral networks through two relays to avoid short circuits that may occur between the PLN and solar power systems (PLTS). Support Vector Machine (SVM) modeling is used to switch between the PLN and PLTS systems. The SVM system predicts the switching based on voltage and current sensor data during closed-loop conditions. The load is simulated using three 5-watt LED lights, and the SVM prediction of stability and instability is represented by the values 1 and 0, respectively. The SVM system achieves an accuracy rate of up to 98% when tested with a data set and 97% under variable conditions with solar panel angles of 60°, 90°, and 120°. This is demonstrated through testing data collected under daylight conditions, with a prediction error rate of 3% during daytime testing

Keywords - Energy; Renewable Energy; Solar Power Generation; Support Vector Machine (SVM)

Abstrak - Menipisnya sumber energi fosil (*non-renewable*) merupakan alasan utama dibutuhkan suatu energi alternatif sebagai pengganti sumber energi fosil. Sumber energi alternatif tersebut adalah sumber energi yang ramah lingkungan dan sumber energi terbarukan (*renewable energy*). Sumber daya energi surya sangat berpotensi untuk memproduksi energi listrik yang banyak dengan panel surya yang sepenuhnya dari sistem panel surya yang di hybrid dengan sumber energi dari PLN sebagai sumber energi listrik. Sistem *hybrid* menghubungkan jaringan phase dan netral pada dua *relay* untuk menghindari *short circuit* yang terjadi pada dua sumber PLN dan PLTS. Pemodelan *Support Vector Mechine (SVM)* untuk *switching* antara PLN dan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem SVM melakukan prediksi yang didapatkan dari data sensor tegangan dan arus saat kondisi *close loop*. Pembebanan diisi dengan 3 variabel lampu LED 5 Watt dan prediksi SVM berupa kondisi stabil dan tidak stabil digambarkan dengan angka 1 dan 0. Sistem SVM menghasilkan tingkat akurasi mencapai 98% pada pengujian data set dan 97% saat kondisi variatif dengan sudut panel surya sebesar 60°, 90°, dan 120°. hal tersebut dibuktikan dengan pengujian data yang diambil dari kondisi saat diujikan pada relay dengan kesalahan prediksi *error* 3% pada kondisi siang hari.

Kata Kunci— Energi; Energi Terbarukan; Pembangkit Listrik Tenaga Surya; Support Vector Mechine (SVM)

I. Pendahuluan

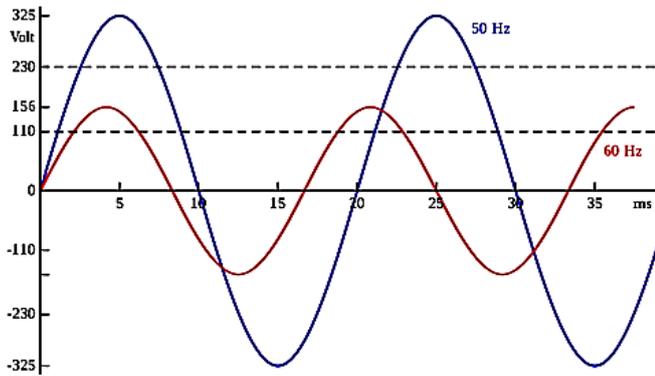
Energi adalah suatu syarat untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Semakin banyak energi yang dibutuhkan maka dapat meningkatkan kemakmuran manusia [1]. Penghematan energi atau konservasi energi adalah suatu tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi [2]. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi dan penghematan energi listrik[3]. Inovasi diperlukan agar energi ibaru terbarukan dapat dimanfaatkan [4]. Sistem energi *hybrid* adalah mengkombinasikan dua sumber energi yang akan memberikan daya ke beban [5]. Sistem *hybrid* merupakan konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan beban yang ada, sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing [6][7]. Salah satu sistem pembangkit listrik *hybrid* yang berpotensi untuk dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [8]. Potensi energi matahari sepanjang garis katulistiwa di wilayah Indonesia sangat besar, dimana intensitas radiasi hariannya rata-rata mencapai 4.8 kWh/m²[9]. PLTS *Hybrid* sebuah integrasi atau penggabungan antara sumber listrik hasil pembangkitan PLTS dengan kombinasi listrik lain [10]. pada penelitian ini menggunakan PLTS *hybrid* dengan sistem on grid dan back up berupa baterai yang terkoneksi dengan jaringan listrik PLN[11]. Energi listrik berasal dari PLN pada umumnya digunakan sebagai sumber utama penyedia energi listrik nasional[12]. Namun, beberapa konsumen saat ini membutuhkan sumber energi listrik cukup besar digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk dapat mengurangi biaya operasional [13]. Penggunaan sistem hybrid PLN-Panel Surya merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan[14]. Penerapan sistem hibrid *Building Applied Photovoltaics* (BAPV)-PLN dengan jaringan PLN banyak dibutuhkan untuk penghematan energi[15].

II. Metode Penelitian

A. Pembangkit Listrik Negara (PLN)

Listrik yang digunakan pada penelitian ini adalah berasal dari Pembangkit Listrik Negara (PLN), yang terbagi menjadi 2 sistem yakni sistem listrik 1 *phase* dimana jaringan listrik yang ini hanya menggunakan 3 kawat penghantar yang satu sebagai kawat *phase* (L) dan yang kedua sebagai kawat *neutral* (N) dan *grounding* (PE). Umumnya listrik 1 *phase* bertegangan 220-240V yang digunakan banyak orang dan

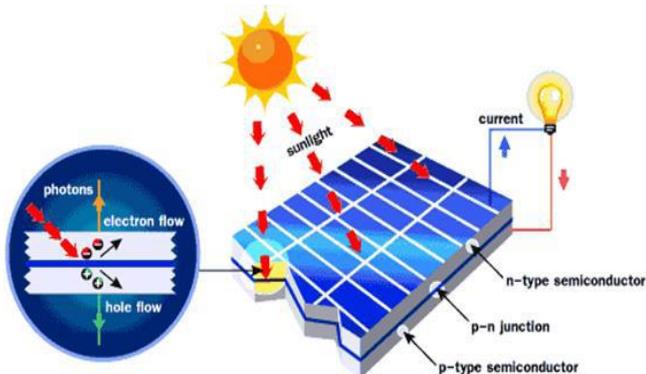
peralatan rumah tangga. Listrik 1 *phase* digunakan untuk listrik perumahan, namun listrik PLN di jalanan itu memiliki 3 *phase*, tetapi yang masuk ke rumah kita hanya 1 *phase* karena kita tidak memerlukan daya besar dan untuk peralatan dirumah kita hanya menggunakan listrik 1 *phase* dengan 220-240 *volt*, hal ini bisa diambil dari salah satu *phase* yang akan kita gunakan misalnya yang ke rumah kita adalah *phase R*, tetangga kita mungkin *phase S*, dan tetangga yang lain *phase T* ini bisa terjadi. Sistem listrik 3 *phase* dimana jaringan listrik yang menggunakan tiga kawat *phase (R,S,T)* ,satu kawat *neutral (N)* dan satu kawat lagi disebut kawat *grounding (PE)*. Menurut istilah listrik 3 *phase* terdiri dari 3 kabel bertegangan listrik dan 1 kabel *neutral*. Umumnya listrik 3 *phase* bertegangan 380 *volt* yang banyak digunakan industri atau pabrik.



Gambar 2.1 Gelombang sinusoidal tegangan AC

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

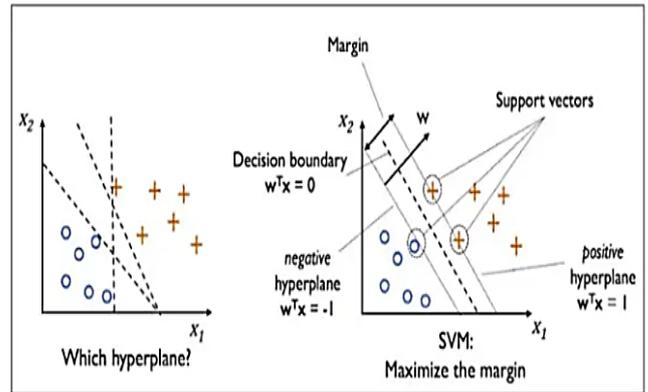
Sumber utama energinya berasal dari radiasi sinar matahari, cahaya atau sinar matahari yang dihasilkan dari radiasi ini selanjutnya diperoleh dari panel surya. Panel surya ini ialah hasil dari kombinasi beberapa sel surya atau *solar cell* yang dimensinya sangat minim dan tipis yang digabungkan secara campuran, seri ataupun paralel (paralel dan seri), sehingga menjadikan modul panel surya yang menghasilkan arus dan tegangan yang besar pula dan dimensinya besar. *Photovoltaic* (biasanya disebut juga sel surya) adalah piranti semikonduktor yang dapat merubah cahaya secara langsung menjadi arus listrik searah (DC) dengan menggunakan kristal *silicon (Si)* yang tipis. Sistem kerja *photovoltaic* pada gambar 2.



Gambar 2.2 Sistem kerja Sel Surya

C. Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik sekitar tahun 1992, telah menunjukkan keefektifannya dalam banyak masalah pengenalan pola , dan mereka dapat memberikan kinerja klasifikasi yang lebih baik daripada banyak teknik klasifikasi (Huang et al., 2017). *Support vector machine (SVM)* merupakan salah satu metode dalam *supervised learning* yang biasanya digunakan untuk klasifikasi (seperti *support vector classification*) dan regresi (*support vector regression*). Dalam pemodelan klasifikasi, SVM memiliki konsep yang lebih matang dan lebih jelas secara matematis dibandingkan dengan teknik-teknik klasifikasi lainnya. SVM juga dapat mengatasi masalah klasifikasi dan regresi dengan *linear* maupun *non linear*.



Gambar 2.3. Support Vector Machine

D. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut

Tabel 2.1. Peralatan

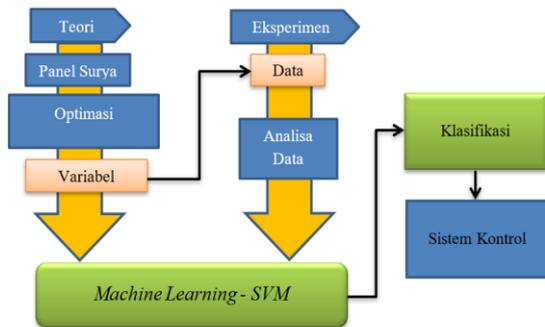
| PERALATAN | | | | | |
|-----------------|-------------|--------|-----------------|---------------------|--------|
| Perangkat Keras | | | Perangkat Lunak | | |
| No | Nama | Jumlah | No | Nama | Jumlah |
| 1 | Multitester | 1 | 1 | Arduino IDE | 1 |
| 2 | Bor | 1 | 2 | Visual Studio | 1 |
| 3 | Tang | 1 | 3 | Ms .Office | 1 |
| 4 | Solder | 1 | 4 | Phyton/Google Colab | 1 |
| 5 | Glue Gun | 1 | | | |

Tabel 2.2. Bahan-bahan

| BAHAN-BAHAN | | | |
|-------------|-------------------------|--------------|--------|
| No | Nama | Spesifikasi | Jumlah |
| 1 | Panel Surya 30 WP | KMP-2730 | 1 |
| 2 | Battrey | 12V/ 7,2Ah | 2 |
| 3 | Inverter | 12V/150 watt | 1 |
| 4 | Solar Charge Controller | PWM-Charge | 1 |
| 5 | Arduino | Uno | 1 |
| 6 | Sensor AC | PZEM-004T | 1 |
| 7 | Sensor DC | ACS 712 | 1 |
| 8 | Modul Relay | 8 gang | 1 |
| 9 | MCB | 6A | 2 |
| 10 | Motor Servo | MG 99NR | 1 |
| 11 | Pipa PVC | - | 1 |
| 12 | Besi | - | 1 |
| 13 | Lampu | 5 Watt | 2 |
| 14 | Kabel | 1mm | 3 |

E. Tahapan Penelitian

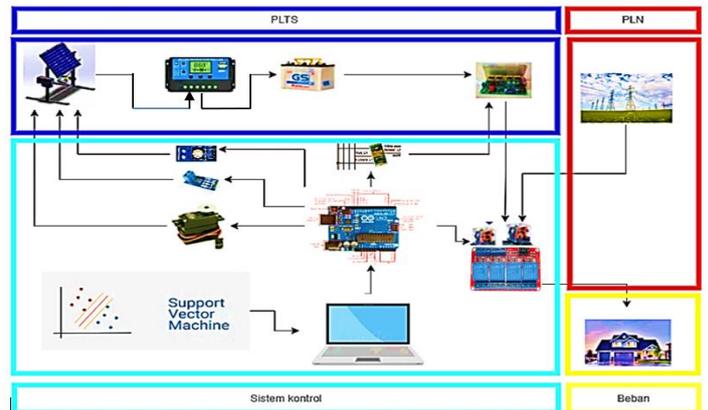
Tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tahapan Penelitian

F. Perancangan Sistem Alat

Perancangan sistem alat ditunjukkan pada gambar 2.2 dengan hybrid source sumber PLN dan PLTS



Gambar 2.5 Perancangan Sistem

III. Hasil dan Pembahasan

Model yang dibuat untuk menghasilkan suatu sistem kontrol kestabilan daya yang optimal dengan pengujian sistem *Support Vector Machine* (SVM) pada *Prototipe Hybrid* antara energi PLTS dengan energi PLN.



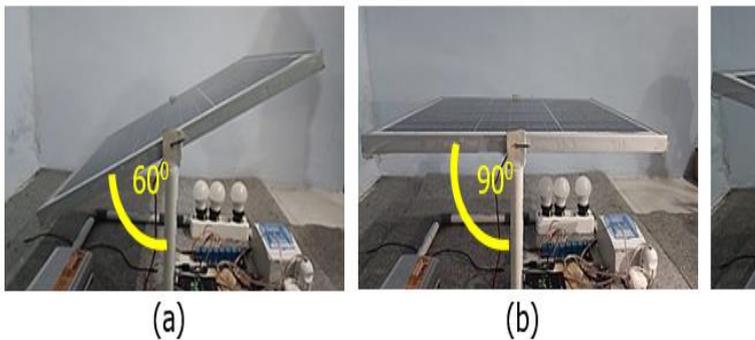
Gambar 3.1. Gambar Model Prototype

A. Proses Pengolahan Data Real Time

Pada proses ini adalah tahap dimana sinyal yang didapatkan diolah menjadi sebuah data dan diklasifikasi, proses awalnya dimulai dari pengambilan data dengan metode perubahan sudut panel surya secara kontinyu pada sudut antara 60°, 90°, dan 120°, dengan titik sudut optimal untuk memperoleh pancaran radiasi sinar matahari adalah pada 60°, 90°, dan 120°, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2. Saat pengambilan data tersebut diperoleh nilai Arus dan Tegangan DC yang berasal dari sensor arus dan sensor tegangan yang kemudian dikonversi di arduino dalam bentuk Daya DC, kemudian juga mengambil data

output dari inverter yang ditera oleh sensor PZEM 004T untuk memperoleh nilai daya AC, sedangkan beban yang digunakan adalah 3 buah lampu LED 5 Watt. Kemudian disitu akan terlihat proses perubahan Switching dari PLTS ke PLN maupun sebaliknya yang ditunjukkan dengan lampu indikator led *relay* yang berubah bergantian.

Proses Pengolahan data Real Time menggunakan perubahan sudut panel surya secara kontinyu sebesar 60° , 90° , dan 120° . Besar sudut tersebut adalah titik sudut optimum untuk mendapatkan pencahayaan sinar matahari. saat pengambilan data pada titik sudut optimum, Sensor arus dan tegangan mendeteksi nilai arus dan tegangan DC yang kemudian arduino mengkonversi nilai tersebut menjadi nilai daya DC dan data output dari inverter yang ditera oleh sensor PZEM 004T untuk memperoleh nilai daya AC. beban yang digunakan adalah 3 buah lampu LED dengan masih-masih lampu berdaya 5 Watt sehingga terlihat proses perubahan Switching dari PLTS ke PLN maupun sebaliknya yang ditunjukkan oleh lampu indikator led *relay* yang berubah bergantian.



Gambar 3.2 Posisi Sudut optimal Panel Surya

B. Hasil Pengujian Model SVM

Data real time yang didapatkan selanjutnya diolah menggunakan *google colab / server google. Colaboratory*, atau “Colab” merupakan hasil dari *Google Research*. Data Colab digunakan untuk mengolah data pada program bahasa *python* melalui browser. Hasil dari pengolahan menggunakan colab dengan pengujian model ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Pengujian data Model

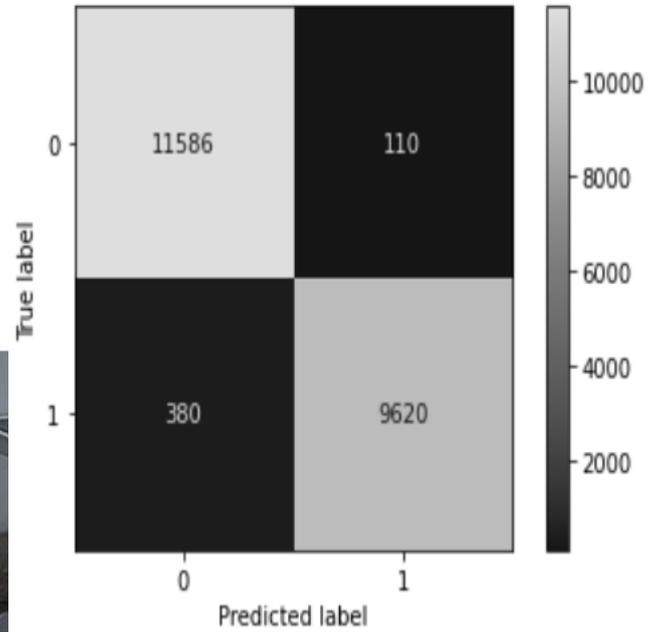
| Model | Akurasi Training | Akurasi Tes | Loss Training | Loss Val tes | Waktu Fit | Waktu Validasi |
|-------|------------------|-------------|---------------|--------------|-----------|----------------|
| SVM | 0.9778 | 0.9755 | 0.0221 | 0.0244 | 0.7585 | 0.0429 |

Tabel 3.1 menunjukkan pengujian SVM dengan tingkat akurasi *training* 0,97 dan akurasi tes 0,97 dan rata-rata waktu *training* kurang lebih 0,7 detik serta waktu prediksi 0,04 detik.

Nilai *f1 Score* ditunjukkan pada tabel 4.4. nilai tersebut diambil dari data *real time* yang menunjukkan nilai tertinggi adalah 0,98 yang di ambil dari keseluruhan data tes yakni 21696 data dengan komposisi 11696 data tidak stabil dan 10000 data stabil.

Tabel 3.2 F1 Score Real Time

| Class | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| 0 | 0.97 | 0.99 | 0.98 | 11696 |
| 1 | 0.99 | 0.96 | 0.98 | 10000 |
| accuracy | | | 0.98 | 21696 |
| macro avg | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 21696 |
| weighted avg | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 21696 |



Gambar 3.3 Confusion Matrix

Gambar 3.3 menjelaskan bahwa *confusion matrik* menunjukkan nilai antara nilai *true* dan nilai *false*. Nilai *true positive* menunjukkan angka 9620 untuk kelas 1 (*stable*) sedangkan *True negative* menunjukkan angka 11586 untuk kelas 0 (*unstable*). Nilai *false positive* mempunyai nilai 380 dan *false negative* mempunyai nilai 110.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang sistem *hybrid* panel surya menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)* untuk optimasi kestabilan daya listrik dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS menunjukkan peningkatan akurasi mencapai 98%. Pengujian data set saat kondisi variatif pada sudut panel surya sebesar 60° , 90° , dan 120° mengalami peningkatan akurasi masing-masing untuk sudut 60° sebesar 96%, sudut 90° sebesar 97% dan sudut 120° sebesar 98%. Model SVM dapat digunakan secara *real time* sebagai prediksi kontrol *relay* dengan *men-switching* antara PLN dan PLTS, hal ini dibuktikan dengan pengujian data yang diambil dari kondisi saat diujikan pada relay dengan kesalahan prediksi *error* 3% pada kondisi siang hari.

V. Daftar Pustaka

- [1] L. E. Nuryanto, "Perancangan Sistem Kontrol Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Pln Dan Plts) Kapasitas 800 Wp," *Orbith*, vol. 17, no. 3, pp. 196–205, 2021.
- [2] A. Joewono, R. Sitepu, P. R. Angka, F. Agustino, and L. Nico, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid," *Pros. Semin. Nas. seri 8*, vol. 3, no. 2, pp. 10–18, 2018, [Online]. Available: dspace.uui.ac.id
- [3] Denny Haryanto Sinaga, Riz Rifai Oktavianus Sasue, and Harvei Desmon Hutahaeen, "Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan," *J. Zetroem*, vol. 3, no. 1, pp. 11–17, 2021, doi: 10.36526/ztr.v3i1.1251.
- [4] A. B. Pulungan, J. Sardi, H. Hamdani, and H. Hastuti, "Pemasangan Sistem Hybrid Sebagai Penggerak Pompa Air," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 5, no. 2, p. 35, 2019, doi: 10.24036/jtev.v5i2.106559.
- [5] H. Harmini and T. Nurhayati, "Pemodelan Sistem Pembangkit Hybrid Energi Solar Dan Angin," *Elektrika*, vol. 10, no. 2, p. 28, 2018, doi: 10.26623/elektrika.v10i2.1167.
- [6] R. Elfridus, A. Wibowo, H. Tumaliang, and M. Rumbayan, "Perencanaan Sistem Hybrid Pada Jaringan Kelistrikan Di Rumah Sakit Monompia Kotamobagu," 2022.
- [7] S. Saodah and N. Hariyanto, "Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Dengan Kapasitas 3 kVA," *Pros. Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Pada Masy.*, pp. 187–190, 2019.
- [8] T. Syaufi, H. #1, S. #2, R. Halid, and S. #3, "Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Surya-Bayu) Di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/kitektro/article/view/10146>
- [9] E. Roza and M. Mujirudin, "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA," *Ejournal Kaji. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 16–30, 2019, [Online]. Available: [http://download.garuda.ristekdikti.go.id/article.php?article=984946&val=11994&title=Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik Uhamka](http://download.garuda.ristekdikti.go.id/article.php?article=984946&val=11994&title=Perancangan%20Pembangkit%20Tenaga%20Surya%20Fakultas%20Teknik%20Uhamka)
- [10] G. Arifin Sinaga, I. M. Mataram, and T. G. Indra Partha, "Analisis Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Grid Connected Di Villa Peruna Saba, Gianyar – Bali," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, p. 1, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i02.p01.
- [11] S. Riyanto and I. A. Pangestu, "Perancangan instalasi listrik hybrid menggunakan sumber jaringan listrik PLN dan pembangkit listrik tenaga surya pada bangunan gedung sekolah SMPN 7 Kota ...," *INOVTEK-Seri Elektro*, pp. 105–115, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.polbeng.ac.id/index.php/ISE/article/view/2179>
- [12] A. B. Pulungan and J. Sardi, "Sistem Hybrid sebagai Sumber Tenaga Listrik pada Penetasan Telur Itik," vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2021.
- [13] R. Majid, A. Eliza . Herdiansyah, "Alat Automatic Transfer Switch (Ats) Sebagai Sistem Kelistrikan Hybrid Sel Surya Pada Rumah Tangga," *Surya Energi*, vol. 2, no. 2, pp. 172–178, 2018.
- [14] R. Hariyati, M. N. Qosim, and A. W. Hasanah, "Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [15] R. Ikhsan, I. D. Sara, and R. S. Lubis, "Studi Kasus Kelayakan Penerapan Sistem Hybrid Building Applied Photovoltaics (BAPV)-PLN pada Atap Gedung Politeknik Aceh," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. 1, p. 48, 2017, doi: 10.17529/jre.v13i1.6071.