

Pengembangan Teknologi Smart Powerplant Untuk Mendukung Sistem Irigasi Lahan Kering menggunakan Metode Learning Vector Quantization

Rosida Nur Aziza¹; Abdul Haris²; Budi Prayitno³; Eka Putra⁴

^{1, 2, 3, 4} Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi PLN

¹rosida@itpln.ac.id

²harismwakang@itpln.ac.id

³budiprayitno@itpln.ac.id

⁴eka@itpln.ac.id

ABSTRACT

This research will propose a model of smart solar power plant that will be used to support the irrigation in dry soil rice fields. Dry soil rice fields are rice fields that rely on rain to meet their irrigation needs. To meet the need for water throughout the year, it is necessary to build an irrigation system that is equipped with an electric pump. The solar power plant that is designed will provide electricity for the pump. The solar panels on the plant will be equipped with sensors to detect the direction of light and have the ability to move in the direction of sunlight, so that it can absorb energy more optimally. The method that will be used in the plant is Learning Vector Quantization (LVQ). This smart power plant is also able to monitor the condition of the plant, both the current entering the battery, and the current coming out of the battery so as to ease the work of the farmer. It is hoped that this technology can be an alternative for people who need an independent and advanced farming system.

Keywords: smart solar power plant, irrigation, LVQ

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang model pembangkit listrik tenaga surya cerdas yang akan dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi di sawah lahan kering. Sawah lahan kering adalah sawah yang mengandalkan air hujan untuk memenuhi kebutuhan pengairannya. Untuk memenuhi kebutuhan akan air sepanjang tahun, maka diperlukan pembangunan sistem irigasi dengan bantuan pompa listrik yang dari tenaga surya. Panel surya pada pembangkit yang dirancang dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi arah cahaya dan memiliki kemampuan untuk bergerak mengikuti arah datangnya cahaya matahari, supaya dapat menyerap energi lebih optimal. Metode yang akan digunakan pada pembangkit adalah metode Learning Vector Quantization (LVQ). Pembangkit listrik cerdas ini juga mampu melakukan pemantauan secara real time kondisi pembangkit baik arus yang masuk ke baterai, maupun arus yang keluar dari baterai sehingga meringankan dari sisi pemantauan dan pengawasan. Diharapkan teknologi ini dapat menjadi alternatif bagi masyarakat yang membutuhkan sistem pertanian yang mandiri dan lebih maju.

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga surya cerdas, irigasi, LVQ

1. PENDAHULUAN

Energi telah dipandang sebagai kebutuhan pokok manusia dan ketersediaannya yang terus menerus menjamin kualitas hidup yang lebih baik. Selama ini sebagian besar penduduk bumi bergantung pada sumber energi dari fosil, sedangkan ketersediaan bahan bakar tersebut semakin lama semakin menipis. Di Indonesia, sumber energi utama dari pembangkit listrik berasal dari bahan bakar fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Pada tahun 2018, sumber energi pembangkit listrik dari minyak bumi di Indonesia mencapai 38,81%, disusul dengan batubara (32,97%), gas bumi (19,67%), pembangkit listrik tenaga air (2,74%), panas bumi (1,78%), dan sisanya dari berbagai sumber energi terbarukan yang lain [1],[2],[3]. Selain cadangan yang semakin menipis, penggunaan bahan bakar dari fosil juga mengakibatkan pencemaran dan dapat mengakibatkan pemanasan global [4]. Oleh karena itu, upaya pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif di Indonesia saat ini telah menjadi prioritas dalam kebijakan energi nasional, sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional.

Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah energi tenaga surya. Karena lokasinya di garis katulistiwa, Indonesia memiliki sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia [5]. Potensi pembangunan pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan sel surya (*photovoltaic cells*, sel PV) pada lokasi terpencil atau daerah yang tidak terjangkau grid listrik masih terbuka lebar, namun terdapat kendala terkait dengan pembangunan pembangkit listrik ini. Selain biaya komponen dan instalasi yang tinggi, efisiensi sel surya masih rendah [6]. Hanya sedikit bagian energi surya, maksimum sekitar 20%, yang bisa diubah menjadi listrik oleh sel PV [7]. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi sel surya adalah dengan mengubah arah panel surya supaya dapat mengikuti arah datangnya sinar matahari, sehingga lebih banyak cahaya yang dapat diserap oleh panel surya. Banyak penelitian telah dilakukan untuk melengkapi pembangkit tenaga listrik tenaga surya ini dengan kemampuan *solar tracking* [8],[9]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mustafa dkk., pengaturan ketinggian dan sudut horizontal pada panel surya berdasarkan hasil pembacaan sensor-sensor LDR dapat meningkatkan daya yang dihasilkan sekitar 10%-40% [10]. Efisiensi panel surya juga dapat ditingkatkan dengan menambah konsentrasi energi sinar matahari melalui penggunaan cermin reflektor, lensa Fresnel, atau parabola, peningkatan efisiensi dengan penambahan cermin atau lensa tersebut bisa mencapai 32 % [8], [11]. Peningkatan suhu pada panel surya karena pemanasan yang terus menerus dapat menurunkan efisiensi panel tersebut. Besar penurunan efisiensi sel surya berkisar 0,5% untuk kenaikan suhu permukaan sel surya sebesar 1° Celcius. Oleh karena itu, penambahan sistem pendingin yang tepat pada pembangkit listrik tenaga surya juga dapat memperbaiki efisiensi dan meningkatkan daya keluaran panel surya [12], [13].

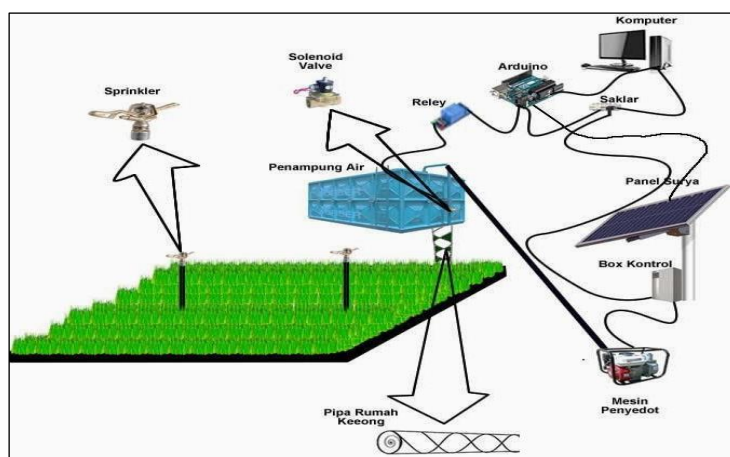
Salah satu aplikasi dari pembangkit listrik tenaga solar adalah untuk mendukung sistem pertanian di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau listrik. Listrik yang dihasilkan dari pembangkit tersebut dapat digunakan untuk menghidupkan pompa untuk pengairan sawah [14],[15],[16]. Pada pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang dengan mode *Concentrated Standalone System*, pemantauan umumnya dilakukan secara lokal dan tersentral pada pusat pembangkit baik secara manual ataupun otomatis. *Monitoring* secara manual memiliki kelemahan, antara lain akses parameter, kendali dan pemantauan data yang sangat terbatas, tidak lengkap dan tidak kontinu karena keterbatasan operator [15],[17]. Selain itu, penggunaan baterai pada pembangkit listrik tenaga solar harus dijaga agar penggunaannya optimal dan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan dari pabrik, yaitu menjaga agar pengisian tidak melebihi kapasitas

dan menjaga agar kapasitas baterai tidak berada di bawah kapasitas minimal. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang bisa memantau kinerja PLTS dan mengatur penggunaan aki/baterai secara otomatis dari jarak jauh [18]. Selain dilengkapi dengan sistem *monitoring* jarak jauh, implementasi metode kecerdasan buatan pada pengendali panel surya, maupun pada sistem pengaturan pompa dapat meningkatkan kinerja sistem irigasi dengan sumber energi dari tenaga surya tersebut. Contohnya adalah penelitian oleh Hussain dkk. yang mengimplementasikan metode Fuzzy Logic pada sistem irigasi dengan panel surya dan menghasilkan peningkatan volume air dengan kapasitas sel surya yang tetap [19].

Penelitian ini akan merancang sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk ditempatkan di daerah terpencil untuk membantu sistem irigasi sawah lahan kering, yaitu sawah yang pengairannya tergantung oleh air hujan. Pembangkit tersebut akan dilengkapi dengan kemampuan *solar tracking* untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya. Metode klasifikasi yang digunakan adalah metode berbasis *Neural Networks*, yaitu *Learning Vector Quantization* (LVQ). Untuk mempermudah pemantauan dan perawatan, maka pembangkit yang dirancang akan dilengkapi dengan sistem *monitoring* nirkabel untuk memantau besaran energi pada panel surya, baterai dan beban PLTS.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini membahas mengenai perancangan pembangkit listrik tenaga surya cerdas yang akan digunakan untuk membantu sistem irigasi sawah lahan kering. Panel surya pada pembangkit akan dilengkapi dengan untai yang dapat mendeteksi arah datangnya sinar matahari dan menggerakkan panel mengikuti arah tersebut. Penyerapan sinar matahari yang optimal akan menghasilkan keluaran daya yang lebih tinggi untuk menyediakan listrik bagi pompa air. Gambar 1 di atas berikut menunjukkan model irigasi lahan kering dengan PLTS sebagai penyedia daya yang akan dikembangkan.

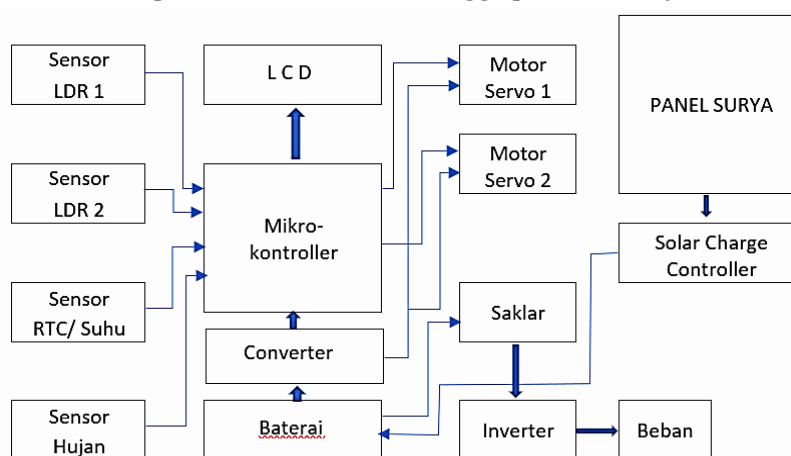


Gambar 1. Model Irigasi Lahan Kering dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Cerdas

Penelitian ini membahas mengenai perancangan pembangkit listrik tenaga surya cerdas yang akan digunakan untuk membantu sistem irigasi sawah lahan kering. Panel surya pada pembangkit akan dilengkapi dengan untai yang dapat mendeteksi arah datangnya sinar matahari dan menggerakkan panel mengikuti arah tersebut. Penyerapan sinar matahari yang optimal akan menghasilkan keluaran daya yang lebih tinggi untuk menyediakan listrik bagi pompa air. Gambar 1

di atas berikut menunjukkan model irigasi lahan kering dengan PLTS sebagai penyedia daya yang akan dikembangkan.

Prototipe pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang menggunakan sensor hujan, sensor RTC DS3231 (sensor suhu), dan sensor LDR untuk *tracking* arah datangnya sinar matahari dan motor servo sebagai motor penggerak panel surya, seperti ditunjukkan oleh gambar 2. Dua buah sensor LDR yang diletakkan di sisi timur dan sisi barat panel surya dan berfungsi sebagai pembaca nilai intensitas cahaya matahari. Nilai yang didapat dari masing-masing sensor akan diolah menggunakan metode LVQ untuk menentukan arah gerakan panel surya. Mikrokontroler Arduino Uno digunakan pusat pengendali panel surya, serta perangkat utama sistem PLTS seperti panel surya sebagai sumber penghasil daya listrik, *Solar Charge Controller* sebagai alat kontrol pengisi daya dari panel surya ke baterai, baterai sebagai penyimpanan daya, dan inverter yang akan mengkonversikan tegangan arus DC ke tegangan arus AC sehingga listrik yang dihasilkan sistem PLTS dapat digunakan oleh peralatan listrik rumah tangga pada umumnya.



Gambar 2. Blok Diagram Rancangan PLTS Cerdas

Diagram alir algoritma LVQ pada penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 3. Ada beberapa notasi yang perlu diketahui untuk lebih memahami metode LVQ, yaitu [20],[21], [22]:

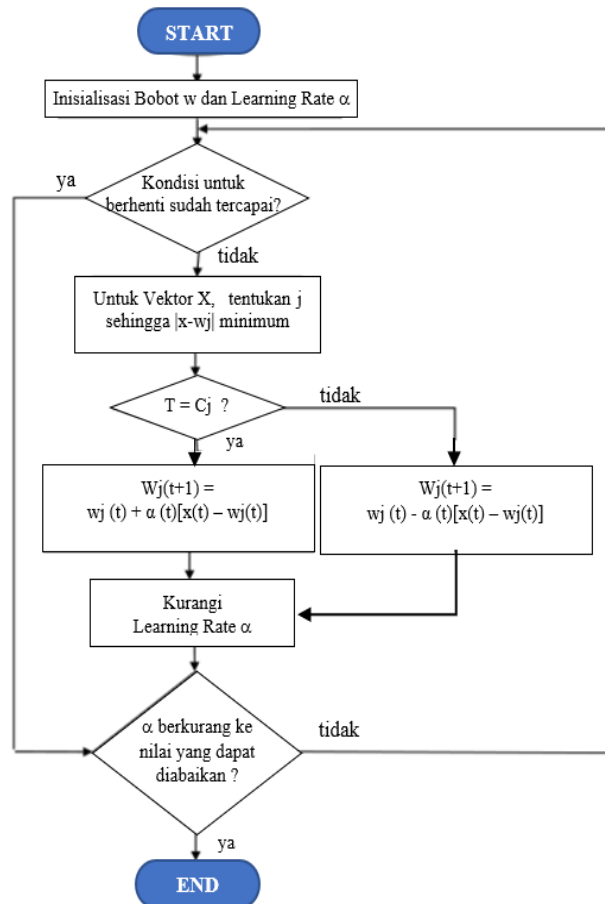
1. $x = x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots, x_n$, adalah vektor input yang berisi data pelatihan dan data pengujian
2. $w_j = w_{1j}, w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{nj}$, adalah vektor bobot untuk unit keluaran j .
3. $y_j = y_{in1}, y_{in2}, y_{in3} \dots, y_{in_j}$, adalah nilai jarak Euclidean terkecil yang dipilih dari beberapa nilai jarak Euclidean dari hasil perbandingan vektor input dengan vektor bobot. Nilai ini juga dapat disebut sebagai "Target Aktual".
4. $y = y_1, y_2, y_3 \dots, y_n$, adalah output komputasi yang berisi nilai bobot baru, yang merupakan hasil dari pembaruan bobot berdasarkan fungsi aktivasi
5. $|x_{11} - w_{11}|, |x_{11} - w_{12}|, |x_{11} - w_{13}|, \dots, |x_{ij} - w_{mn}|$, adalah jarak Euclidean antara vektor input ke vektor bobot.
6. $F = F_1, F_2, F_3 \dots, F_n$, adalah fungsi aktivasi, yang dalam fungsi ini nilai target dibandingkan dengan nilai aktual.
7. T adalah kelas untuk vector pelatihan X .
8. C_j adalah kelas yang diasosiasikan dengan unit keluaran ke- j .

Proses membandingkan data pelatihan dengan data bobot disebut sebagai proses menghitung nilai jarak Euclidean. Nilai jarak Euclidean (D) dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$D(j) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - w_{ij})^2} \quad (1)$$

Dengan : $x = x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots, x_n$ adalah vektor input

$w_{ij} = w_{1j}, w_{2j}, w_{3j}, w_{4j}, w_{5j}, \dots, w_{nj}$ adalah vektor bobot untuk setiap input, juga dapat dinyatakan sebagai vektor klasifikasi.



Gambar 3. Diagram Alir Metode LVQ

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melacak arah kedatangan sinar matahari secara horizontal, digunakan dua buah sensor LDR. Keluaran dari sensor tersebut dikonversi dalam bentuk angka oleh mikrokontroller dan rata-rata nilai yang diperoleh digunakan sebagai masukan untuk pemilihan mode gerakan panel surya berbasis LVQ. Adapun prototipe prmbangkit listrik tenaga surya yang digunakan ditunjukkan pada gambar 4. Observasi dilakukan untuk mengetahui kinerja dari pembangkit tersebut dengan mengamati arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya dan tegangan baterai tanpa metode *sun tracker* dan setelah menggunakan fasilitas *sun tracker*. Pengamatan dilakukan 8 kali pada waktu yang berbeda dan kondisi cuaca cerah. Prototipe pembangkit cerdas ini menggunakan sebuah baterai/aki 12 Volt ukuran 7,2 Ampere sebagai media penyimpanan energi listrik dari panel surya. Hasil pengamatan dipresentasikan pada tabel 1 dan tabel 2.



Gambar 4. Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan *Smart Tracker* untuk Mendukung Pengairan Lahan Kering

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data tanpa *Sun Tracker*

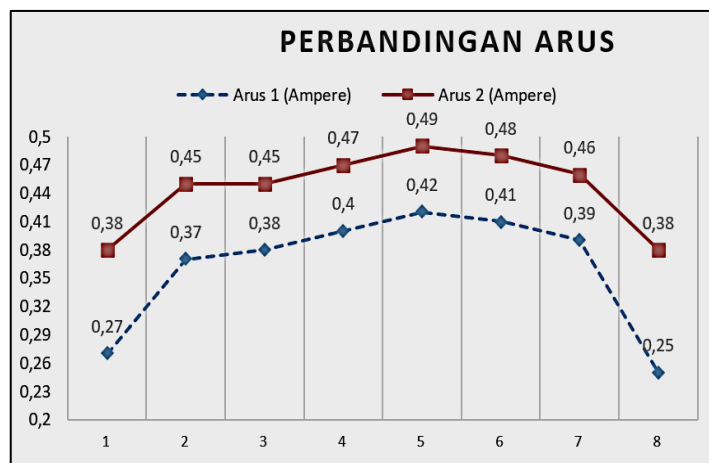
Panel surya			Baterai
Tegangan/V (Volt)	Arus/I (Ampere)	Daya/P (Watt)	Tegangan (V)
13,98	0,27	3,7746	12,56
14,32	0,37	5,2984	12,73
14,47	0,38	5,4986	12,83
14,6	0,4	5,84	12,96
14,72	0,42	6,1824	13,06
14,78	0,41	6,0598	13,15
14,76	0,39	5,7564	13,18
14,5	0,25	3,625	13,07

Tabel 2. Data dari Solar Panel dengan *Sun Tracker*

Panel surya			Baterai
Tegangan/V (Volt)	Arus/I (Ampere)	Daya/P (Watt)	Tegangan (V)
13,62	0,38	5,1756	12,2
13,76	0,45	6,192	12,,24
13,82	0,45	6,219	12,37
13,88	0,47	6,5236	12,36
14,09	0,49	7,045	12,47
14,03	0,48	6,7344	12,53
14,02	0,46	6,4492	12,7
14	0,38	5,32	12,59

Berdasarkan hasil pengamatan di atas, rata-rata daya yang didapatkan tanpa menggunakan *sun tracker* adalah 5,2544 Watt, sedangkan dengan dilengkapi *sun tracker* rata-rata daya dari pembangkit adalah 6,20375 Watt. Atau dengan adanya penambahan *sun tracker*, kenaikan daya

yang diperoleh adalah sebesar 18,07%. Gambar di bawah menunjukkan perbandingan arus antara pembangkit tanpa dilengkapi *sun tracker* (Arus 1) dan dilengkapi dengan kemampuan *sun tracker* (Arus 2). Pada titik pengambilan 1 dan 8, ada penurunan nilai arus dari pembangkit karena pengamatan dilakukan pada waktu pagi (titik 1) dan sore hari (titik 8).



Gambar 5. Grafik Perbandingan Arus pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang bertujuan untuk menyediakan energi bagi pompa irigasi di lahan kering. Pembangkit ini dilengkapi dengan sensor cahaya untuk mendeteksi arah datangnya sinar matahari dan dapat menggerakkan panel surya mengikuti arah datangnya matahari. Metode LVQ digunakan untuk menentukan arah Gerakan panel surya. Dari pengamatan yang dilakukan menggunakan prototipe yang dibangun, pemasangan teknologi cerdas pada pembangkit menghasilkan peningkatan hasil keluaran daya pembangkit listrik tenaga surya sebesar 18,07%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia, *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia*, Jakarta: Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia, 2018.
<https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2018-final-edition.pdf>
- [2] A. Haris and E. Hendrian, "Sistem Monitoring dan Klaster Ketersediaan Energi Menggunakan Metode K-Means pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, pp. 266 - 271, 2019.
- [3] A. Haris, H. Sikumbang and M. J. Elly, "Sistem Kendali dan Monitoring dengan Syaraf Tiruan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Petir*, vol. 13, no. 2, pp. 119 - 127, 2020.
- [4] M.H.Hasan, W.K.Muzammil, T.M.I.Mahlia, A.Jannifar, I.Hasanuddin, "A review on the pattern of electricity generation and emission in Indonesia from 1987 to 2009," *Renewable and Sustainable Energi Reviews*, vol.16, pp. 3206-3219, 2012.
- [5] G.Pikra, A. Salim, B. Prawara, A.J. Purwanto, T. Admono, T., & Z. Eddy, "Development of Small Scale Concentrated Solar Power Plant Using Organic Rankine Cycle for Isolated Region in Indonesia," *Energy Procedia*, vol., pp. 122–128, 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.016>

-
- [6] H.S.Tira, A.Natsir, M.R.Iqbal, "Pengaruh Sudut Surya terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 WP Tipe Polycrystalline," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 07, no.2, pp. 69-74, 2018.
 - [7] A.H. Eldin, M.Refaey, A. Farghly, "A Review of Photovoltaic Solar Energy Technology and its Efficiency," presented in *International Middle-East Power System Conference (MEPCON'15)*, Egypt, 2015.
 - [8] J.N. Juang, R.Radharamanan, "Design of a Solar Tracking System for Renewable Energy," presented in *Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education*, Bridgeport CT USA, 2014.
 - [9] Z.Zhu, Y.Xu, G.Shao, "An Automatic Sun Tracking System for Solar Energy Based Optical Fibre Lighting," presented in *IEEE 4th Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation (APCAP)*, Kuta, pp. 69-71, 2015.
 - [10] F.I.Mustafa, S.Shakir, F.F.Mustafa, A.T.Naiyf, "Simple Design and Implementation of Solar Tracking System Two Axis with Four Sensors for Baghdad City," presented in *the 9th International Renewable Energy Congress*, Hammamet, Tunisia, 2018.
 - [11] R.Arshad, S.Tariq, M.U.Niaz, M.Jamil, "Improvement in Solar Panel Efficiency Using Solar Concentration by Simple Mirrors and by Cooling," presented in *International Conference on Robotics and Emerging Allied Technologies in Engineering (iCREATE)*, Islamabad, pp. 292-295, 2014.
 - [12] Y.Gao, J.Ji, Z.Guo, P.Su, "Comparison of the Solar PV Cooling System and Other Cooling Systems," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol.13, no.04, pp.353-363, 2018. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/ijlct/article/13/4/353/5089723>
 - [13] S.A.Rakin, S.Suherman, S.Hasan, A.H.Rambe, Gunawan, "A Passive Cooling System for Increasing Efficiency of Solar Panel Output," *Journal of Physics: Conference Series*, pp.1-6, 2019. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1373/1/012017/pdf>
 - [14] Y.Kabalci, E.Kabalci, R.Canbaz, A. Calpbinici, "Design and Implementation of A Solar Plant and Irrigation System with Remote Monitoring and Remote Control Infrastructure," *Solar Energy*, vol. 139, pp. 506-517, 2016.
 - [15] A. Haris, "Sistem Pencatat KWh Meter Terintegrasi Komputer Untuk Meningkatkan Layanan Pada Pelanggan," *KILAT*, vol. 6, no. 1, pp. 22 -27, 2017.
 - [16] N.Hidayati dan B.Warsito, "Prediksi Terjangkitnya Penyakit Jantung dengan Metode Learning Vector Quantization," *Media StatistikaI*, vol.3, no.1, pp. 21-28, 2010. [Online]. Available : https://www.researchgate.net/publication/279474323_PREDIKSI_TERJANGKITNYA_PENYAKIT_JANTUNG_DENGAN_METODE_LEARNING_VECT_OR_QUANTIZATION
 - [17] R.S.Sawant, S.Gubre, S.Pillai, M.Jain, "Solar Panel Based Automatic Plant Irrigation System," *International Journal of Innovative Science, Engineering, and Technology*, vol. 2, no.3, pp. 698-701, 2015.
 - [18] W.Winasis, A.W.W. Nugraha & I. Rosyadi, "Desain Sistem Monitoring Nirkabel Berbasis Website untuk Pemantauan Baterai dan Beban Pembangkit Listrik Hibrida Surya-Angin," *Jurnal teknik elektro-ITP*, vol.5, no.2, 2016.
 - [19] Handoko, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler ATMEGA16 dan TeamViewer Melalui Media Internet," *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, vol.6, no.21, pp. 9-16, 2016.

- [20] M.S.Hussain, D.M.Abdullah, W.M.Abdullah, M.L.Ali, “Development of A Fuzzy Logic Based Smart Solar System for Irrigation,” presented in *International Conference on Mechanical Engineering (ICME)*, Dhaka, pp. 1-4, 2011.
- [21] A.Dharma, N.K.Mataram, I.N.G.Antara, “Learning Vector Quantization Neural Network (LVQNN): Can It be Implemented on the Forecasting Electrical Loads?,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol.248, pp.1-8, 2019. [online]. Available : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/248/1/012027/pdf>
- [22] Haris, A. (2017). Sistem Otomasi Dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Tenaga Surya Untuk Manajemen Energi.