

Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal

Darwin^{1*}

Email: darwin_st74@yahoo.com

*Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217 Medan, Sumatera Utara*

Albert Panjaitan²

Email: albertpanjaitan20@gmail.com

*Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217 Medan, Sumatera Utara*

Suwarno³

Email: suwarno@umsu.ac.id

*Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Denai No.217 Medan, Sumatera Utara*

ABSTRAK

Untuk mengetahui pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan, dan sudut pengarah terhadap daya panel surya. Pengaruh intensitas matahari didapat dengan cara perubahan waktu sehingga intensitasnya bervariasi dengan sudut tetap 90° dan suhu permukaan relatif sama, suhu permukaan didapatkan dengan cara memvariasi suhu dengan sudut pengarah tetap 90° dan intensitas relatif sama, sudut pengarah didapat dengan cara memvariasi sudut pengarah dengan intensitas dan suhunya relatif sama. Pengaruh kinerja panel surya yaitu semakin besar intensitas matahari maka arusnya semakin besar dan tegangannya cenderung tetap. Suhu permukaan mempengaruhi performa panel surya yaitu semakin besar temperaturnya maka tegangannya semakin kecil dan arusnya cenderung tetap. Sudut pengarah mempengaruhi performa panel surya yaitu semakin mendekati tegak lurus terhadap datangnya cahaya matahari maka tegangan dan arusnya akan semakin besar. Data-data hasil pengujian kemudian diolah untuk mengetahui daya listrik maksimum yang mampu dihasilkan. Hasil tugas akhir ini menunjukkan bahwa pada intensitas matahari 1006 W/m^2 dengan daya terbesar yang mampu dihasilkan adalah 28,035 watt. Pada temperature permukaan $54,5^\circ\text{C}$ dengan daya terbesar 28,035 watt. Pada sudut pengarah 90° daya terbesar yang dihasilkan adalah 26,7735 watt. Performa panel surya dipengaruhi oleh intensitas matahari, temperatur permukaan, dan sudut pengarah semakin besar faktor yang mempengaruhinya daya yang dihasilkan juga semakin besar.

Kata Kunci : performa panel surya, sel surya monokristal

Pendahuluan

Energi listrik telah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan manusia, hampir setiap sendi kehidupan manusia telah melibatkan listrik di dalamnya. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk serta pertumbuhan ekonomi dan industri yang semakin pesat, mengakibatkan kebutuhan energi listrik di Indonesia juga mengalami peningkatan yang signifikan. Untuk mengatasi semakin meningkatnya kebutuhan listrik ini, perlu adanya inovasi dalam hal energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang tersedia di alam dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik adalah angin. Angin merupakan salah satu bentuk energi yang melimpah di bumi dan tidak ada habisnya sehingga pemanfaatan sistem konversi energi angin akan berdampak positif terhadap lingkungan. Energi angin dapat memberikan kontribusi signifikan bagi pengurangan emisi karena tidak dihasilkan emisi CO_2 selama produksi energi listrik oleh turbin angin. Untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik perlu adanya turbin angin sebagai peralatan utamanya. Turbin angin yang paling sering digunakan pada saat ini adalah turbin angin tipe horizontal (TAPH). Desain turbin angin horizontal mirip seperti kincir angin yaitu memiliki blade yang berputar

pada sumbu vertikal. Jenis turbin angin poros horizontal yang memiliki unjuk kerja yang lebih baik adalah rotor sudut tipe *propeller*. Jenis rotor *propeller* dengan sudu multiblade bekerja optimum pada kecepatan angin yang relatif rendah. Kelebihan dari turbin angin poros horizontal (TAPH) adalah memiliki efisiensi yang lebih tinggi, karena sudu selalu bergerak tegak lurus terhadap angin dan menerima daya sepanjang putaran. Pemanfaatannya yang umum sekarang sudah digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik.

Pembangkit listrik tenaga angin yang berkembang saat ini masih memiliki daya yang relatif kecil, hal tersebut dikarenakan turbin yang ada masih memiliki efisiensi yang kecil. Pada rancang bangun ini, turbin angin berjenis poros horizontal dan memiliki rotor berjumlah 3 buah, dimana pada setiap rotor memiliki 4 buah sudu yang berbentuk flat. Penggunaan rotor yang berjumlah 3 buah ini diharapkan menambah gaya dorong pada sudu turbin, sehingga akan meningkatkan putaran yang dihasilkan turbin. Dengan semakin meningkatnya putaran sudu, tentu saja akan meningkatkan efisiensi turbin angin, sehingga dapat dimanfaatkan pada PLTB. Masalah energi merupakan topik penelitian yang menarik sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan.

Terdapat beberapa sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan yang tidak terbatas (Fishbane, 1996). Salah satunya energi alternatif yang hampir mencakup kriteria aman bagi lingkungan adalah energi matahari. Indonesia memiliki potensi sumber energi matahari sangat besar karena mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Energi matahari merupakan energi yang berjumlah sangatlah besar dan masih sangat sedikit digunakan. Jumlah rata-rata panas matahari yang dapat terpancarkan ke bumi sekitar 1KW/m² atau setara dengan 1000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini (Fishbane, 1996). Atau dengan kata lain, dengan menutup 0,1 % saja permukaan bumi dengan solar cell yang memiliki efisiensi 10 persen sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini (Fishbane, 1996).

Penggunaan energi matahari tidak dapat digunakan secara langsung. Melainkan, Perlu adanya suatu alat tambahan yang dinamakan panel surya. Pada dasarnya prinsip dasar dari memanfaatkan energi matahari adalah mengkonversi dari panas matahari yang diserap oleh panel surya diubah menjadi listrik. Dalam mengubah energi pada solar cell ada beberapa faktor yang mempengaruhi dalam pengotimalan perubahan energi. Diantaranya adalah faktor orientasi terhadap matahari yang selalu berubah-ubah yang dapat mengurangi optimalisasi solar cell dalam perubahan energi matahari menjadi energi listrik (Lorenzo, 1994). Panel surya dapat optimal ketika berhadapan langsung dengan pancaran sinar matahari, dalam artian posisi panel surya harus tegak lurus dengan cahaya yang datang (Lorenzo, 1994). Kelemahan utama dari penggunaan energi matahari adalah energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem, sehingga tidak dapat dijadikan sumber utama penyedia energi listrik.

Permasalahannya saat ini adalah bagaimana menggunakan panel surya untuk mendapatkan keluaran listrik yang optimal. Pemakaian panel surya umumnya diletakkan dengan posisi tertentu dengan tanpa perubahan (Takun et al., 2011), sebagai contohnya panel surya hanya di hadapkan ke titik atas, padahal untuk mendapatkan keluaran listrik yang optimal panel diposisikan dengan sudut 90⁰ dengan matahari. Dari kondisi normal *position*, efektivitas *solarcell* dalam menghasilkan daya yang lebih besar lebih mudah didapat (Lorenzo, 1994). Karena karakteristik dari panel surya sendiri, panel surya akan mendapatkan daya optimal ketika di posisi 90 derajat. Dengan memperhatikan perilaku bunga matahari yang selalu mengikuti arah matahari, *solar cell* perlu didesain seperti tersebut agar efektivitas kerja *solar cell* lebih maksimal (Lorenzo, 1994).

Dasar Teori

Pengertian Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik (*Energy Sources: Solar.Department of Energy*). Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

- Pemusatan Energi Surya

Sistem pemusatan energi surya (*concentrated solar power, CSP*) menggunakan lensa atau cermin dan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari dari luasan area tertentu ke satu titik. Panas yang terkonsentrasikan lalu digunakan sebagai sumber panas untuk pembangkitan listrik biasa yang memanfaatkan panas untuk menggerakkan generator. Sistem cermin parabola, lensa reflektor Fresnel, dan menara surya adalah teknologi yang paling banyak digunakan. Fluida kerja yang dipanaskan bisa digunakan untuk menggerakkan generator (turbin uap konvensional hingga mesin Stirling) atau menjadi media penyimpan panas

- Fotovoltaik

Sel surya atau sel fotovoltaik adalah alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Dibuat pertama kali pada tahun 1880 oleh Charles Fritts (Perlin, 1999). Pembangkit listrik tenaga surya tipe fotovoltaik adalah pembangkit listrik yang menggunakan perbedaan tegangan akibat efek fotoelektrik untuk menghasilkan listrik. Solar panel terdiri dari 3 lapisan, lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah, dan lapisan panel N di bagian bawah. Efek fotoelektrik adalah dimana sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel P terlepas, sehingga hal ini menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik (*Energy Sources: Solar. Department of Energy*). Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor.

Panel Surya

Panel surya merupakan salah satu alat konversi energi dari energi surya menjadi energi listrik. Keluaran dari panel surya menghasilkan tegangan DC. Daya *input* dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2). Untuk menentukan daya *input* panel surya dapat digunakan rumus dari persamaan berikut :

$$P_{in} = I_{rad} \times A \quad (1)$$

Ket : P_{in} = Daya yang masuk pada panel surya (W)

I_{rad} = Intesitas cahaya matahari (W/m^2)

A = Luas Penampang panel surya (m^2)

Sedangkan *output* dari panel surya adalah arus dan tegangan. Untuk menentukan daya *output* dari panel surya digunakan rumus dari persamaan berikut :

$$P_{out} = V_{pv} \times I_{pv} \quad (2)$$

Ket : P_{out} = Daya yang keluar pada panel surya (W)

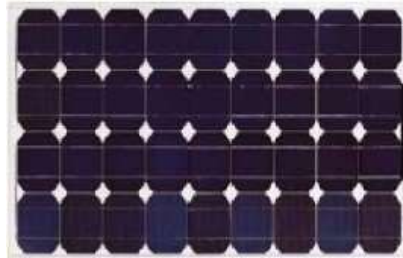
V_{pv} = Tegangan panel surya (V)

I_{pv} = arus keluar panel surya (A)

Jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Berikut ini adalah jenis-jenis panel surya:

1. Monokristal

Panel surya jenis monokristal memiliki efisiensi sampai dengan 14-17%. Kelemahan dari panel surya jenis ini adalah efisiensinya akan turun saat cuaca berawan. Berikut ini adalah contoh panel surya jenis monokristal yang ditunjukkan pada gambar 1



Gambar 1. Panel surya jenis monokristal

2. Polikristal

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Panel surya bermateri polikristal dikembangkan atas alasan mahalnya materi monokristal per kilogram. Efisiensi konversi sel surya jenis polikristal berkisar antara 11,5%-14%. Contoh panel surya jenis polikristal ditunjukkan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Panel surya polikristal

3. Thin film solar (TFSC)

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Panel surya jenis *thin film solar* ditunjukkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Panel surya jenis thin film solar

Sel surya jenis ini sangat tipis sehingga sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*). Berdasarkan materialnya, sel surya *thin film* ini digolongkan menjadi:

- Amorphous Thin-Film Silicon (a-Si) Solar Cells.*
- Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells.*
- Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells*

Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (*development board*) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena *prototyping* sirkuit mikrokontroler. Dengan menggunakan papan pengembangan, akan lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika memulai merakit ATmega328 dari awal di *breadboard*. Board arduino uno tampak depan dapat dilihat pada gambar 4. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.



Gambar 4. Board arduino Uno R3 Tampak Depan

METODE PENELITIAN

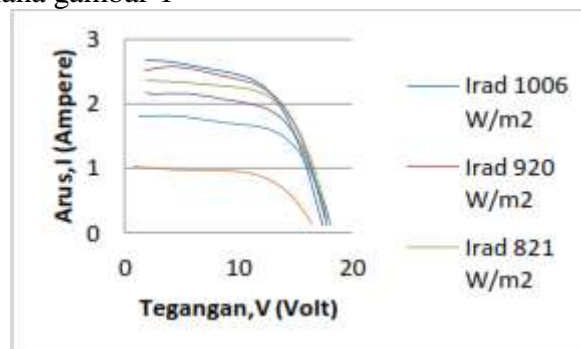
Pemrograman board Arduino dilakukan dengan menggunakan Arduino Software (IDE), Chip ATmega328 yang terdapat pada Arduino Uno R3 telah diisi program awal yang sering disebut bootloader. Bootloader tersebut yang bertugas untuk memudahkan anda melakukan pemrograman lebih sederhana menggunakan Arduino Software, tanpa harus menggunakan tambahan hardware lain. Cukup hubungkan Arduino dengan kabel USB ke PC atau Mac/Linux anda, jalankan software Arduino Software (IDE), dan anda sudah bisa mulai memprogram chip ATmega328. Lebih mudah lagi, di dalam Arduino Software sudah diberikan banyak contoh program yang memanjakan anda dalam belajar mikrokontroler. Gambar 2.8 adalah salah satu contoh halaman pemrograman.



Gambar 5. Pemograman

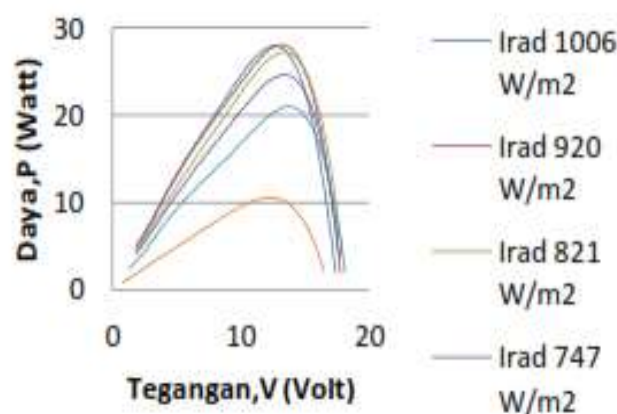
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tabel 1 dan lampiran 1 dapat dibuat grafik arus fungsi tegangan pada intensitas matahari yang berbeda sebagaimana gambar 1



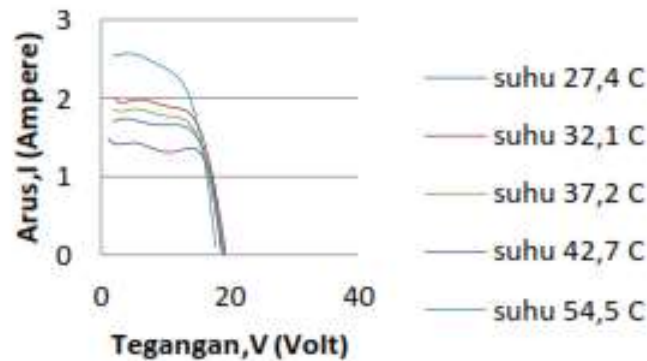
Gambar 6. Grafik hubungan arus (I) dengan tegangan (v) pada intensitas matahari

Intensitas matahari, pada saat tegangan semakin besar maka arusnya akan semakin naik hingga mencapai titik puncak, selanjutnya dengan bertambahnya tegangan arus semakin menurun. Arus maksimal pada intensitas 1006 W/m^2 didapat $2,7 \text{ A}$ dan tegangan maksimalnya $17,38 \text{ V}$, arus pada intensitas 920 W/m^2 didapat $2,62 \text{ A}$ dan tegangan maksimalnya $17,77 \text{ V}$, arus pada intensitas 821 W/m^2 didapat $2,45 \text{ A}$ dan tegangan maksimalnya $17,94 \text{ V}$, arus pada intensitas 747 W/m^2 didapat $2,25 \text{ A}$ dan tegangan maksimalnya $17,69 \text{ V}$, arus pada intensitas 613 W/m^2 didapat $1,85 \text{ A}$ dan tegangan maksimalnya $18,16 \text{ V}$, dan arus pada intensitas 541 W/m^2 didapat $1,05 \text{ A}$ dan tegangan maksimalnya $16,47 \text{ V}$



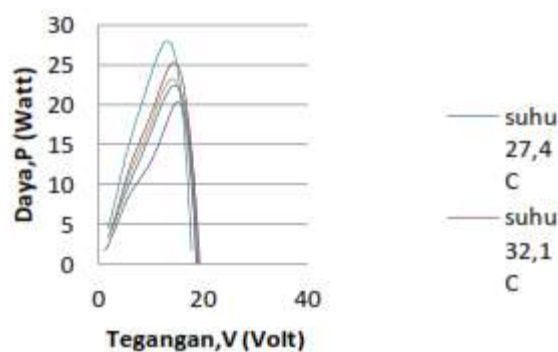
Gambar 7. Grafik hubungan daya (P) dengan tegangan (V) pada intensitas matahari

Berdasarkan gambar 7 pada masing-masing intensitas matahari, pada saat tegangan semakin besar maka dayanya akan semakin naik hingga mencapai titik puncak, selanjutnya dengan bertambahnya tegangan daya semakin menurun. Daya maksimal pada intensitas 1006W/m^2 didapat $27,478\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $17,38\text{V}$, daya maksimal pada intensitas 920W/m^2 didapat $28,035\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $17,77\text{V}$, daya maksimal pada intensitas 821W/m^2 didapat $27,306\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $17,24\text{V}$, daya maksimal pada intensitas 747W/m^2 didapat $25,271\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $17,69\text{V}$, daya maksimal pada intensitas 613W/m^2 didapat $21,054\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $18,16\text{V}$, dan daya maksimal pada intensitas 541W/m^2 didapat $11,16\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $16,47\text{V}$.



Gambar 8. Grafik hubungan arus (I) dengan tegangan (V) pada suhu permukaan

Berdasarkan gambar 8 pada masing-masing suhu permukaan, pada saat tegangan semakin besar maka arusnya akan semakin naik hingga mencapai titik puncak, selanjutnya dengan bertambahnya tegangan arus semakin menurun. Arus maksimal pada suhu $27,4^{\circ}\text{C}$ didapat $1,8\text{A}$ dan tegangan maksimalnya $19,35\text{V}$, arus pada suhu $32,1^{\circ}\text{C}$ didapat 2A dan tegangan maksimalnya $19,16\text{V}$, arus pada suhu $37,2^{\circ}\text{C}$ didapat $1,95\text{A}$ dan tegangan maksimalnya $18,82\text{V}$, arus pada suhu $42,7^{\circ}\text{C}$ didapat $1,9\text{A}$ dan tegangan maksimalnya $18,26\text{V}$, dan arus pada suhu $54,5^{\circ}\text{C}$ didapat $2,65\text{A}$ dan tegangan maksimalnya $17,72\text{V}$.



Gambar 9. Grafik hubungan daya (P) dengan tegangan (V) pada suhu permukaan

Berdasarkan gambar 4.4 pada masing-masing suhu permukaan, pada saat tegangan semakin besar maka dayanya akan semakin naik hingga mencapai titik puncak, selanjutnya dengan bertambahnya tegangan daya semakin menurun. Daya maksimal pada suhu $27,4^{\circ}\text{C}$ didapat $22,1415\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $19,35\text{V}$, daya maksimal pada suhu $32,1^{\circ}\text{C}$ didapat $25,038\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $19,16\text{V}$, daya maksimal pada suhu $37,2^{\circ}\text{C}$ didapat $23,273\text{W}$ dan tegangan maksimalnya $18,82\text{V}$, daya maksimal pada suhu $42,7^{\circ}\text{C}$ didapat

26,012W dan tegangan maksimalnya 18,26V, dan daya maksimal pada suhu 54,5°C didapat 28,035W dan tegangan maksimalnya 17,77V

Kesimpulan

Pada pengujian pengaruh intensitas matahari, suhu permukaan, dan sudut pengarah terhadap daya panel surya dapat diketahui bahwa :

1. Semakin besar intensitas matahari maka arus yang dihasilkan akan semakin besar dan tegangannya cenderung tetap, selain itu semakin besar intensitas matahari maka daya yang dihasilkan juga semakin besar.
2. Semakin besar suhu permukaannya maka tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil dan arusnya cenderung tetap, selain itu semakin besar temperature permukaan maka dayanya semakin besar.
3. Semakin mendekati tegak lurus terhadap datangnya cahaya matahari maka tegangan dan arusnya akan semakin besar, selain itu semakin mendekati tegak lurus sudut pengarah mendekati cahaya matahari maka semakin besar dayanya

Daftar Pustaka

- [1] Fishbane, P.M., Gasiorowicz, S., and Thornton, S.T., 1996: *Physics for scientists and engineers*, 2nd edition, Prentice-hall, New Jersey
- [2] Takun, Pongsakor, Somyot Kaitwanidvilai, Chaiyan Jettanasen, *Maximum power point tracking using fuzzy logic control for photovoltaic*. Hongkong
- [3] International Energi Agency, 2016, Indonesia 2015, IEA, Prancis.
- [4] Kementrian ESDM Republik Indonesia, 2017, Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia, Republik Indonesi.
- [5] O. Hammond, S. Hunt, E. Machlin, 2014, Design of an alternative hybrid vertical axis wind turbine, WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, UK.
- [6] A. F. A. A. El-sayed, "Dynamics of Vertical Axis Wind Turbines (Darrieus Type)," vol. 2, no. 1, pp. 33–41, 1995.
- [7] T. Wakui, Y. Tanzawa, T. Hashizume, and T. Nagao, "Hybrid Configuration of Darrieus and Savonius Rotors for Stand-Alone Wind Turbine- Generator Systems," vol. 150, no. 4, pp. 259–266, 2005.
- [8] R. Ā. Gupta, A. Biswas, and K. K. Sharma, "Comparative study of a three-bucket Savonius rotor with a combined three-bucket Savonius – three-bladed Darrieus rotor," vol. 33, pp. 1974– 1981, 2008.
- [9] A. Ghosh, A. Biswas, K. K. Sharma, and R. Gupta, "Computational analysis of fl ow physics of a combined three bladed Darrieus Savonius wind rotor," *J. Energy Inst.*, vol. 88, no. 4, pp. 425–437, 2015.
- [10] M. Abid, K. S. Karimov, H. A. Wajid, F. Farooq, H. Ahmed, and O. H. Khan, "Iranica Journal of Energy & Environment Design , Development and Testing of a Combined Savonius and Darrieus Vertical Axis Wind Turbine," vol. 6, no. 1, pp. 1– 4, 2015.
- [11] M. N. Fauzi, S. Harbintoro, B. Besar, and K. Perindustrian, "Regression analysis to determine correlation of power and Torsion for pelton turbine," vol. 38, no. 2, 2016
- [12] E. O. Hair and M. G. Giesselmann, "Comparative Analysis of Regression and Artificial Neural," vol. 123, no. November, pp. 327–332, 2001