

## INTEGRASI SOLAR TRACKER DAN MPPT MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC

<sup>1</sup> Luthfi Dio Pratama, <sup>2</sup> Aryuanto Soetedjo,  
Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia  
<sup>1</sup>luthfidioprata@gmail.com, <sup>2</sup>aryuanto@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**—Energi matahari dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan solar cell, prinsip kerjanya yaitu dengan menyerap energi matahari dan di konversi menjadi energi listrik dengan metode efek photovoltaic. Suatu peristiwa munculnya tegangan listrik dikarenakan kontak dua elektroda yang dihubungkan menggunakan sistem cair ataupun padat. Ketika solar panel mendapatkan energi cahaya.

Solar tracking merupakan sistem pengoptimalan panel surya sehingga panel surya menyesuaikan dengan arah datangnya sinar matahari. Sistem solar tracker yang efisien ini, menggunakan pelacakan surya dengan sistem sumbu ganda yang nantinya dapat mengikuti arah matahari sehingga dapat memaksimalkan output dayanya.

Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan teknik yang digunakan pada suatu sistem PV agar sistem dapat menghasilkan daya maksimal. Maximum Power Point Tracking (MPPT) digunakan untuk terus memberikan daya pada titik semaksimal mungkin meskipun pada kondisi cuaca yang berubah-ubah. Teknik mppt yang digunakan adalah fuzzy logic. Pengintegrasian solar tracker dan MPPT di simulasikan pada matlab. Dari hasil pengujian di dapat bahwa posisi radiasi matahari yang maksimum yaitu saat jam 12 siang.

**Kata Kunci:** Radiasi, Solar Tracker, MPPT, Fuzzy Logic

### I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk semakin banyak setiap hari, bulan, maupun tahun. Teknologi juga semakin berkembang menjadi canggih sehingga banyak pekerjaan yang dapat di kerjakan oleh robot sehingga manusia terbantu dalam menyelesaikan pekerjaannya lebih cepat. Namun dengan perkembangan teknologi dan penduduk juga harus diiringi dengan kebutuhan energi listrik yang semakin banyak setiap harinya. Setiap sumber energi yang kita

gunakan saat ini memiliki batas ketersediaan di alam karena setiap waktu kita mengeksploitasinya untuk kehidupan sehari-hari. Setiap sumber daya pasti memiliki tingkat pencemaran udara yang cukup berbahaya untuk keberlangsungan hidup manusia sendiri, sehingga semakin lama sumber energi akan habis seperti minyak bumi, batu bara dan sebagainya. Maka dari itu manusia sudah berfikir untuk menggunakan energi alternatif yaitu sumber energi terbarukan yang tidak habis dan ramah lingkungan yaitu energi matahari, energi panas bumi dan energi angin. Apabila kita menggunakan salah satu energi terbarukan yaitu energi matahari. selain energi matahari termasuk dalam sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan, juga telah banyak yang melakukan riset dalam pemanfaatan energi matahari dalam membangkitkan listrik dengan menggunakan solar cell. Namun selama ini pemasangan dari solar cell masih statis (tidak mengikuti pergerakan matahari). Sehingga dengan kondisi ini maka solar cell tidak dapat menangkap secara maksimal sinar matahari sepanjang hari dan akibatnya energi listrik yang dibangkitkan tidak maksimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dibuat solar tracker yang dirancang secara otomatis untuk menggerakkan modul solar cell agar dapat tegak lurus terhadap arah datang cahaya matahari, sehingga mampu menyerap cahaya matahari secara maksimum dan terintegrasi dengan MPPT. Ada beberapa Teknik mppt yaitu metode P&O, Incremental conductance, hill climb dan fuzzy logic. Pada P&O memiliki kekurangan yaitu terjadi osilasi saat steady state dan kesalahan penelusuran mpp. Ketika iradiasi berubah secara cepat. Apabila menggunakan metode incremental conductance memiliki kekurangan yaitu tidak dapat melacak mpp yang sebenarnya dan membutuhkan biaya yang lebih besar. Apabila pada metode hill climb biasanya digunakan pada radiasi matahari yang rendah dan cenderung beresilasi pada mpp sehingga merugikan karena osilasi dan cenderung lebih cocok untuk kondisi tegangan konstan dan kondisi atmosfer yang konstan. Berdasarkan kelebihan dan kekurangan metode mppt yang disebutkan sehingga pada pensimulasian

pada matlab ini menggunakan metode fuzzy logic, Data yang diinputkan untuk kendali logika fuzzy adalah suhu dan radiasi matahari dan data keluaran berupa tegangan masukan konverter DC/DC yang menghasilkan daya maksimum yaitu tegangan referensi. Input dan output ini terkait melalui aturan dan fungsi keanggotaan, Kemudian, sistem kontrol yang membutuhkan tegangan referensi untuk mencapai pelacakan MPP sehingga dapat melacak mpp dalam segala kondisi dengan cepat . Pengintegrasian solar tracker dan MPPT dilakukan agar solar tracker dapat bekerja optimal dengan simulasi pada matlab.

Berdasarkan latar belakang yang ada diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana metode integrasi Solar Tracker dan MPPT menggunakan fuzzy logic ?
2. Bagaimana perancangan dari integrasi Solar Tracker dan MPPT menggunakan fuzzy logic ?
3. Bagaimana mensimulasikan Solar Tracker terintegrasi dengan MPPT menggunakan software matlab ?
4. Bagaimana melakukan pengujian output hasil dari pensimulasian integrasi solar tracker dan mppt ?

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini serta dapat lebih terarah, maka pembahasan ini akan dibatasi pada:

1. Metode yang digunakan dalam MPPT adalah fuzzy logic (FLC)
2. Solar tracker 2 sumbu , kapasitas panel surya 200 watt
3. Solar tracker tidak berbasis sensor

Manfaat dari perancangan dan pembuatan sistem ini adalah untuk memaksimalkan penyerapan intensitas cahaya matahari dalam pembentukan sudut tegak lurus antara panel surya dengan arah datangnya sinar matahari, yang dapat bergerak leluasa berdasarkan perhitungan waktu edar matahari.

## II. KAJIAN PUSTAKA

Photovoltaic merupakan alat yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Indikator yang mempengaruhi kinerja photovoltaic adalah temperatur dan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam sel surya. Ketika photovoltaic mendapat input berupa intensitas cahaya matahari dan temperatur akan dapat menghasilkan arus. Besar arus yang dihasilkan oleh photovoltaic berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam sel surya. Besar intensitas cahaya matahari berubah sesuai dengan pergeseran posisi matahari dan cuaca. Apabila cuaca mendung atau cuaca cerah akan mempengaruhi besar intensitas cahaya matahari yang diterima oleh photovoltaic [11].

Pada simulasi Simulink/ matlab, modul pv yang digunakan adalah 200 watt yaitu ASUN Energy ASM200PCAG101 dengan spesifikasi pada tabel 1. .

Tabel 1. Parameter Spesifikasi ASUN Energy ASM200PCAOG101 PV Module

Parameter Description	Rating
Maximum power ( $P_{MP}$ )	200,2 W
Maximum current ( $I_{MP}$ )	7 A
Maximum voltage ( $V_{MP}$ )	28,6 V
Short circuit current ( $I_{SC}$ )	7,7 A
Temperature (T)	25 <sup>0</sup> C
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	36,5 V
Parallel strings	1
Series-connected modules per string	1
Solar irradiation (G)	1000 W/m <sup>2</sup>

### 2.1.1 Karakteristik Sel Surya (Photovoltaic)

Dalam suatu standar pengujian yang berskala internasional dalam sel surya yaitu Standar Test condition (STC) . acuan dari STC yaitu intensitas radiasi matahari diasumsikan 1000 W/m<sup>2</sup> yang tegak lurus dengan panel surya dengan suhu 25°C. sehingga kapasitas dari modul surya di tuliskam dalam watt peak (Wp). Modul photovoltaic memiliki hubungan antara arus dan tegangan. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (open circuit) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan open circuit (Voc).

Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variable bernilai nol (short circuit) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus short circuit (Isc). Jika tahanan variable memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi.

### 2.1.2 Prinsip Kerja Sel Surya (Photovoltaic)

Paramater yang mempengaruhi kinerja sebuah panel surya adalah intensitas radiasi matahari , yaitu jumlah daya matahari yang datang kepada permukaan per luas area. Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar 1365 W/m<sup>2</sup>. Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya yang hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000 W/m<sup>2</sup>. Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dan pada keadaan cerah. Besar dari nilai iradiansi matahari inilah yang akan menentukan besar daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah panel surya [16].

### 2.2 Posisi Matahari terhadap Modul Surya

Salah satu cara untuk mendapatkan radiasi matahari yang lebih banyak adalah dengan mengatur kedudukan panel surya. Kedudukan panel surya dapat diatur mengikuti posisi matahari dengan menentukan latitude, deklinasi , sudut jam matahari , sudut zenith , dan sudut azimuth matahari [10].

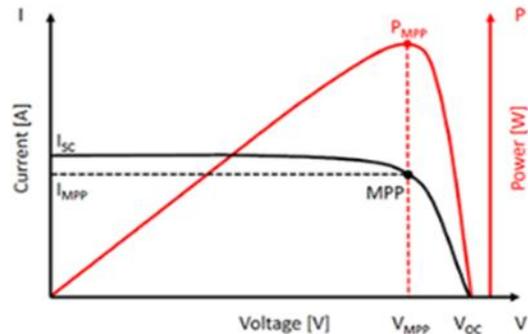
Posisi relative matahari terhadap modul surya (photovoltaic) di bumi bisa di jelaskan dalam beberapa sudut. Sudut sudut itu adalah :

- **Latitude (garis lintang)**  
Adalah sudut lokasi di sebelah utara atau selatan dari equator (khatulistiwa), utara positif;  $-90 \leq \Psi \leq 90$ . Hal ini pengujian modul surya dilakukan di tempat kampus undip aemarang dengan letak geografisnya berada pada  $7^\circ \text{ LS} - 110^\circ \text{ BT}$ .
- **Deklinasi ( $\delta$ )**  
Adalah sudut posisi matahari terhadap bidang khatulistiwa, utara positif  $-23,450 < \delta < 23,450$ . Deklinasi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :  
$$\delta = 23,450 \sin \left( 260 \frac{284 \times n}{365} \right),$$
Dimana, n = hari dalam bulan
- **Kemiringan ( $\beta$ )**  
Adalah sudut antara permukaan bidang yang dinyatakan dengan permukaan horizontal slope (kemiringan) dapat di peroleh menggunakan persamaan :  
$$\beta = \text{Tan}^{-1} (\text{Tan } \theta_z \times \cos \gamma_s)$$
- **Sudut permukaan azimuth ( $\gamma$ )**  
Adalah proyeksi ke bidang horizontal normal terhadap permukaan dari lokasi bujur dengan nol menghadap selatan , timur negatife, barat positif ;  $-180 \leq \gamma \leq 180$ .
- **Sudut jam matahari ( $\omega$ )**  
Adalah sudut penyimpangan matahari di sebelah timur atau barat garis bujur lokal karena rotasi pada porosnya sebesar 15 derajat per jam ; sebelum jam 12.00 negatif , setelah jam 12.00 positif .  
$$\omega = (ts - 12) \times \frac{360}{24}$$
Dimana ts = waktu jam
- **Sudut datang ( $\theta$ )**  
Adalah sudut antara permukaan radiasi langsung normal vertikal terhadap radiasi tergantung vertikal kolektor. Sudut datang dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :  
$$\theta = \cos^{-1} (1 - \cos^{-2} \delta \times \sin^2 \omega)^{1/2}$$
- **Sudut zenith ( $\theta_z$ )**  
Adalah sudut antara garis vertikal bidang normal dan garis datang sinar matahari. Sudut zenith dapat di peroleh dengan persamaan :  
$$\theta = \cos^{-1} (1 - \cos^{-2} \delta \times \sin^2 \omega)^{1/2}$$
- **Sudut azimuth matahari ( $\gamma_s$ )**  
Adalah sudut penyimpangan dari selatan dengan proyeksi radiasi langsung pada bidang horizontal. Penyimpangan ke sebelah timur adalah negatife dan ke sebelah barat adalah positif.

### 2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

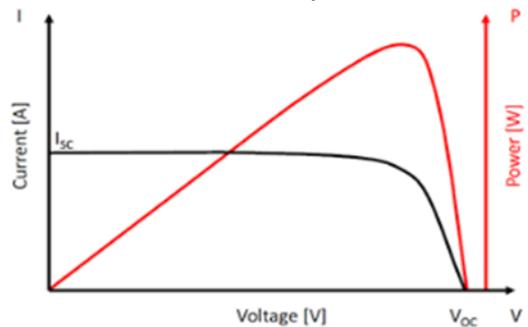
Untuk memaksimalkan daya masukan dalam kondisi apapun diperlukan suatu *controller* yang berisi algoritma, juga menggunakan dc-dc converter sehingga daya masukan akan lebih maksimal dan efisien yang biasa disebut dengan

*Maximum Power Point Tracking* (mppt). MPPT dan solar tracker merupakan dua hal yang di butuhkan untuk memaksimalkan daya masukan sehingga lebih maksimum dan efisien. Tetapi solar tracker dan MPPT berbeda , solar tracker memiliki input irradiation dari matahari sehingga dapat tegak lurus dengan solar panel. Dapat dilihat pada kurva I-V dan P-V pada Gambar 2.1 adalah kurva yang menunjukkan sistem kerja dari Solar Panel yang bekerja ketika mendapatkan irradiation matahari dan mendapatkan daya dengan rumus  $P = V \cdot I$  [11].



Gambar 1. Kurva I-V dan PV Solar Panel

Pada Gambar 2. terdapat titik pada puncak maksimum dari I-V dan P-V dan menghasilkan beberapa diantaranya yaitu :  $V_{mpp}$ ,  $I_{mpp}$ , dan  $P_{mpp}$ . Itu adalah yang dimaksud dari Maximum Power Point (titik daya maksimum).



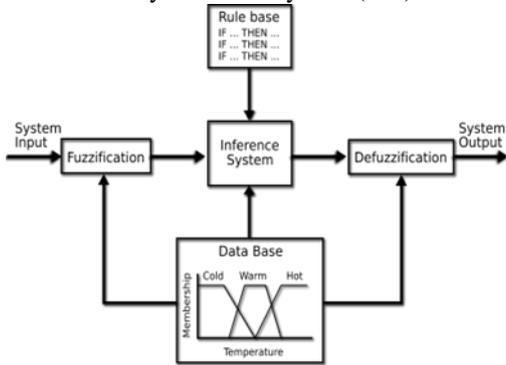
Gambar 2. Kurva I-V dan P-V MPP

Metode mppt yang digunakan adalah Fuzzy Logic Controller (FLC). FLC memiliki dua input dan satu output. Input pada FLC yaitu error dan change error, sedangkan outputnya yaitu duty cycle. Mppt berbasis FLC memiliki keunggulan yaitu ketergantungan yang lebih rendah terhadap model matematis. Dengan fitur ini metode FLC cocok untuk mppt dengan kondisi atmosfer yang berubah cepat. teknik MPPT berbasis FLC diterapkan untuk menggabungkan keunggulan sifat step-up.

### 2.4 Fuzzy Logic

Terdapat beberapa macam metode fuzzy logic, terdapat 2 metode yang utama yaitu fuzzy mamdani dan fuzzy sugeno. Perbedaan dari metode fuzzy mamdani dan sugeno terletak dari penggunaannya, dalam menentukan nilai output dari FIS. Output FIS tipe Mamdani berupa Fuzzy set, sedangkan output tipe Sugeno berupa konstanta atau berupa persamaan

[8] Metode fuzzy yang digunakan adalah metode mamdani karena keluarannya berupa angka atau fuzzy set. Variabel pada himpunan fuzzy memiliki arti, seperti NB (negative big), NM (negative medium), NS (negative small), ZE (zero), PS (positive small), PM (positive medium), PB (positive big) [20]. Persamaan if- then yang digunakan untuk input ke output merupakan pengertian dari fuzzy logic. Rule base dari fuzzy logic menggunakan persamaan IF-THEN. Terdapat fungsi keanggotaan dalam fuzzy logic yang dinamakan fuzzy inference system (FIS).



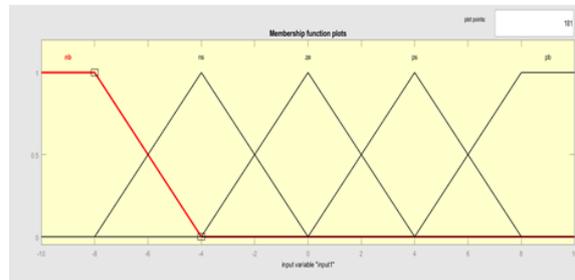
Gambar 3. Arsitektur Fuzzy Logic

Ada tiga proses utama jika ingin mengimplementasikan fuzzy logic pada suatu perangkat, yaitu fuzzifikasi, evaluasi rule, dan defuzzifikasi.

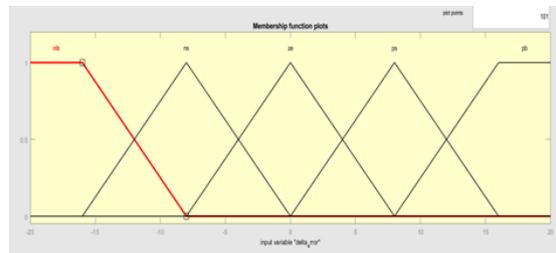
1. Fuzzification, merupakan suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (crisp) menjadi fuzzy yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing.
2. Interference System (Evaluasi Rule), merupakan sebagai acuan untuk menjelaskan hubungan antara variable-variable masukan dan keluaran yang mana variabel yang diproses dan yang dihasilkan berbentuk fuzzy. Untuk menjelaskan hubungan antara masukan dan keluaran biasanya menggunakan "IF-THEN".
3. Defuzzification, merupakan proses perubahan variable berbentuk fuzzy tersebut menjadi data-data pasti (crisp) yang dapat dikirimkan ke peralatan pengendalian. Pada tahap defuzzifikasi, keluaran pengontrol logika fuzzy diubah dari variabel linguistik ke variabel numerik masih menggunakan fungsi keanggotaan. Keluaran dari proses defuzzifikasi adalah nilai duty cycle.

Langkah-langkah dalam pencangan kontrol logika fuzzy:

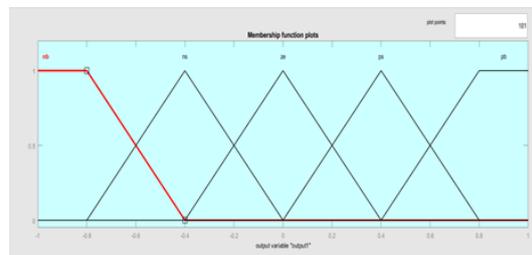
1. Menentukan variabel masukan dan keluaran. Penentuan variabel input masukan dan keluaran sangat berpengaruh pada perancangan control logika fuzzy. Variabel input dalam controller ini adalah error dan delta error. Hasil dari kontrol logika fuzzy adalah delta duty cycle.
2. Menentukan membership function variabel. Membership function menyatakan fungsi keanggotaan dari setiap variabel yang telah ditentukan.



Gambar 4. membership function error



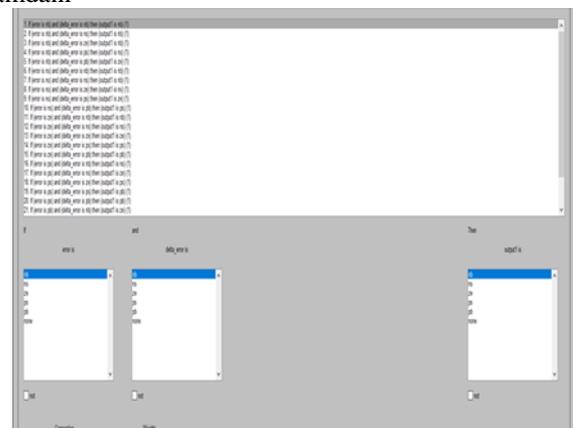
Gambar 5. membership function delta error



Gambar 6. membership function duty cycle(output)

1. Menentukan rule base kontrol logika fuzzy

Rule base pada kontrol logika fuzzy merupakan aturan yang digunakan untuk pengambilan keputusan. Data masukan berupa tegangan dan arus photovoltaic akan diolah dan menghasilkan keluaran berupa delta duty cycle. Terdapat 35 rules pada FLC yang digunakan dan menggunakan metode mamdani



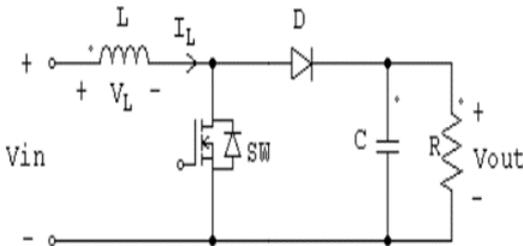
Gambar 7. fuzzy rules pada matlab

Tabel 2. Rule Fuzzy

$\Delta E$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
E							
NB	PB	PB	PM	NM	NM	NB	NB
NS	PB	PM	PS	NS	NS	NM	NB
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NB	NM	NS	PS	PS	PM	PB
PB	NB	NB	NM	PM	PM	PB	PB

**2.5 Boost Converter**

Boost converter merupakan rangkaian elektronika yang dapat mengubah tegangan DC pada nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih tinggi boost converter menggunakan switching untuk mengatur duty cyclenya. Komponen switching dapat berupa mosfet, thyristor dan lain lain. Proses penyerapan dan injeksi energi dilakukan dengan kombinasi empat komponen yaitu induktor, electronic switch, diode dan output kapasitor. Koneksi converter peningkatan ditampilkan pada Gambar 2.8. Proses penyerapan dan injeksi energi akan merupakan siklus switching. Dengan kata lain, tegangan output rata-rata dikendalikan oleh durasi nyalakan dan matikan. Pada frekuensi pengalihan konstan, menyesuaikan durasi hidup dan mati sakelar disebut pengalihan modulasi lebar pulsa. Siklus peralihan tugas, k didefinisikan sebagai rasio durasi pada periode waktu pengalihan [20].



Gambar 8. Boost Converter

Spesifikasi Boost Converter	
Parameter	Nilai
Input voltage	25 V
Output voltage	43 V
Boost inductor	1.45 e <sup>-3</sup> H
DC link capacitors	3227 e <sup>-6</sup> F
Load resistance	1 e <sup>-3</sup> Ω
Switching frequency	10 kHz

Tabel 3. Spesifikasi boost converter

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 Metode Penelitian**

Model simulasi yang dikembangkan dapat digunakan untuk :

Menganalisa jumlah energi yang dihasilkan setelah solar tracker diintegrasikan dengan mppt menggunakan fuzzy logic Untuk ketentuannya sebagai berikut : Simulasi menggunakan solar cell modul ASUN Energy ASM 200PCA0G101 PV Module

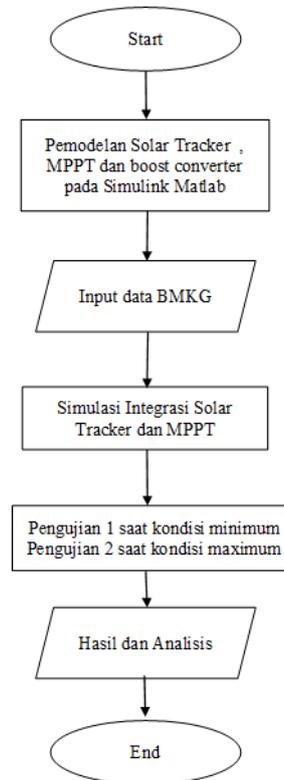
Metode penelitian yang di lakukan dalam penelitian ini adalah menganalisa hasil simulasi dari kendali pembangkit listrik tenaga surya berbasis fuzzy logic controller.

Pemodelan kendali pembangkit listrik tenaga surya yang berbasis fuzzy logic controller agar menjadi suatu satu kesatuan maka, diperlukan perancangan sebagai berikut :

1. Pemodelan solar tracker dual axis
2. Pemodelan fuzzy logic controller dan mppt
3. Pemodelan boost converter
4. Integrasi solar tracker dan mppt

Flowchart Integrasi Solar Tracker dan MPPT menggunakan fuzzy logic

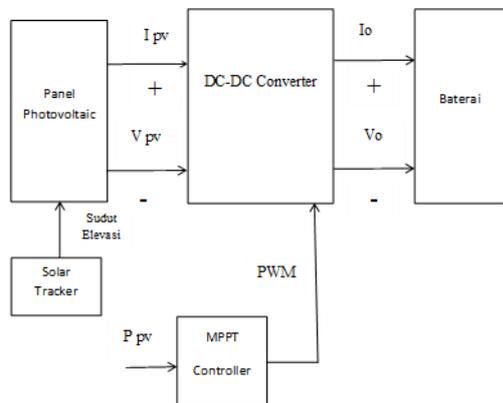
Flowchart merupakan alur dari keseluruhan sistem . dari flowchart pada gambar 3.1 dapat diketahui untuk mensimulasikan solar tracker, mppt dan boost converter diperlukan design untuk menggambarnya di Simulink, kemudian di lakukan simulasi integrasi solar tracker dan mppt, terdapat 2 pengujian , kemudian hasil di Analisa.



Gambar 9. flowchart sistem keseluruhan

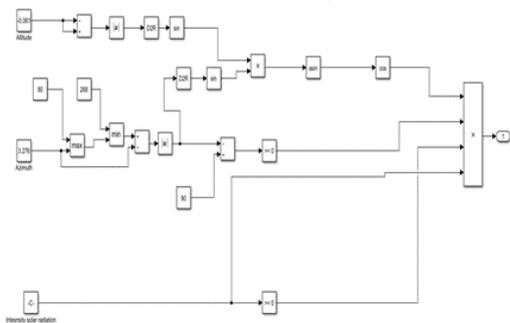
### 3.2 Diagram Blok Integrasi Solar Tracker dan MPPT Menggunakan fuzzy logic

Diagram blok merupakan suatu gambaran dasar dari suatu sistem yang akan dirancang. Dari diagram blok dapat diketahui bahwa solar tracker sebagai mekanik dari panel photovoltaic kemudian power yang dihasilkan sebagai sumber untuk mppt bergerak mengontrol dc-dc converter kemudian daya dan tegangan akan disimpan oleh baterai seperti pada gambar 3.1.



Gambar 10. Diagram Blok integrasi Solar Tracker dan MPPT menggunakan fuzzy logic

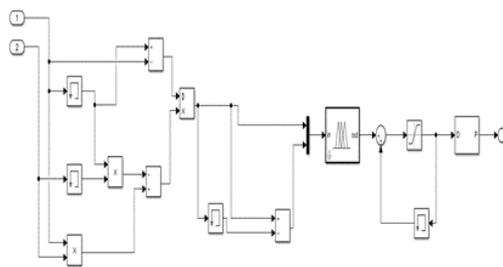
### 3.3 Pemodelan Solar Tracker Dual Axis



Gambar 11. Pemodelan solar tracker dual axis pada matlab/Simulink

Pada pemodelan solar tracker dual axis tersebut di dasarkan pada posisi matahari yang memancarkan radiasi yang berubah ubah mulai dari pagi sampai malam hari dan solar tracker dual axis bisa mendeteksi matahari berdasarkan garis edar matahari. Pada solar tracker terdapat algoritma posisi matahari yang memperhitungkan sudut kemiringan matahari dan sudut azimuth dari matahari. Dengan asumsi bahwa solar tracker dengan tingkat presisi yang tinggi melacak matahari . Sehingga azimuth matahari relatif dinamis dengan sel surya yaitu nol. Blok kontrol pengendalian hilangnya matahari yaitu untuk menghindari kesalahan dalam simulasi . Blok ini di design antara sudut matahari normal dan solar modul dengan sudut panel surya lebih dari 90 derajat

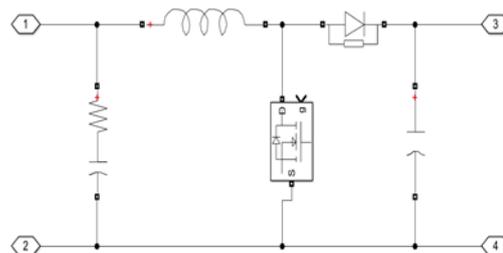
### 3.4 Pemodelan fuzzy logic controller dan mppt



Gambar 12. pemodelan fuzzy logic controller dan mppt

Pada pemodelan diatas algoritme kontrol pelacakan titik daya maksimum (MPPT) untuk melacak daya maksimum yang tersedia dari titik daya tertinggi dari pv. Metode mppt yang digunakan adalah P&O (peturb and observe). Karena strukturnya yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Metode tersebut menggunakan parameter tegangan dan arus dari pv dan kerjanya berdasarkan prinsip gangguan. Pengontrol logika fuzzy adalah teknik MPPT buatan yang cerdas untuk pv . Dalam perancangan aturan fuzzy, untuk mendapatkan daya maksimum diperlukan pengetahuan sebelumnya tentang kondisi error dan change error yang terdapat pada sistem. Sehingga di dapat nilai output yang diinginkan. Dengan menggabung p&o dan pengontrol logika fuzzy, akan didapat nilai yang paling cepat untuk mendeteksi hasil dari kedua kondisi yaitu error dan change error.

### 3.5 Pemodelan boost converter

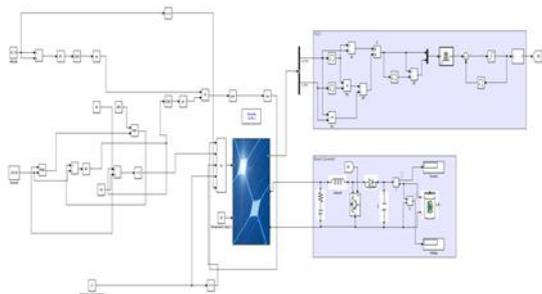


Gambar 13. pemodelan Boost converter

Konverter DC-DC digunakan dalam sistem PV untuk mengatur tegangan yang dihasilkan oleh modul PV. Konverter penguat DC-DC digunakan dalam aplikasi yang terhubung ke jaringan untuk meningkatkan tegangan modul pv. Karena strukturnya yang sederhana dengan komponen konverter yang lebih sedikit, efisiensi konversi yang lebih tinggi dan mampu mengubah tegangan pv yang rendah ke nilai yang diinginkan atau dengan step up tegangan pada pv dengan mengubah siklus kerja pada tingkat frekuensi switching yang lebih tinggi. Konverter boost DC-DC juga disimulasikan dan hasilnya diperoleh dari konverter dengan suplai input DC konstan dan dengan menghubungkan ke modul PV. Hasilnya menunjukkan kecocokan yang erat antara keluaran konverter dengan masukan DC konstan dan konverter umpan PV. Tegangan dan arus keluaran dari konverter penguat DC-DC

yang diumpangkan PV yang diperoleh untuk perubahan tingkat iradiasi pada suhu konstan .

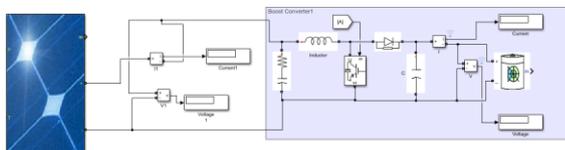
### 3.6 Integrasi solar tracker dan mppt



Pada solar tracker terdapat algoritma posisi matahari yang dapat melacak posisi matahari yang presisi. Solar tracker memiliki daya keluaran yang lebih tinggi dari pada panel surya statis tanpa tracker. Pada gambar 3.5 pemodelan integrasi solar tracker dan mppt dilakukan dengan mengganti blok konstanta yang berupa input radiasi dengan suatu konstanta tertentu menjadi bisa menyesuaikan posisi matahari dengan pelacak panel surya atau solar tracker yang dapat menyesuaikan dengan arah datangnya sinar matahari. Pada pemodelan solar tracker terdapat input altitude, azimuth dan solar radiation berdasarkan perhitungan menggunakan rumus sebelum diinputkan pada constanta kemudian di kali dan diinputkan pada panel surya. Integrasi solar tracker dan mppt menggunakan fuzzy logic merupakan penggabungan antara solar tracker dan mppt menggunakan fuzzy logic controller, pada fuzzy apabila membership function semakin banyak maka tingkat keakuratannya akan semakin baik.

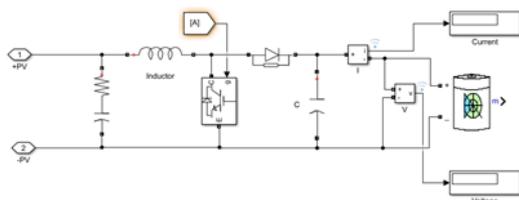
## IV. SIMULASI DAN ANALISA

### 4.1 Pengukuran arus dan tegangan input pada boost converter



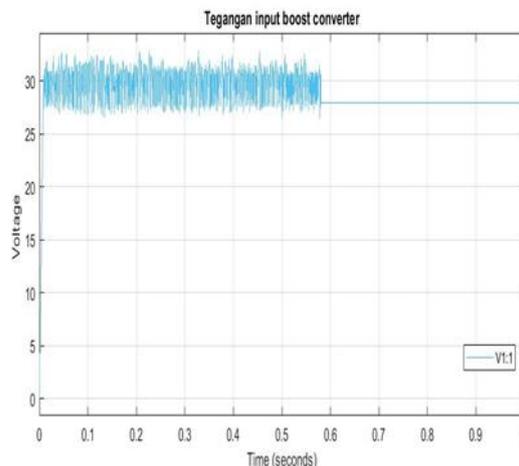
Gambar 15. Pengukuran tegangan input dan arus input pada boost converter

### 4.2 Pengukuran arus dan tegangan output pada boost converter



Gambar 16. Pengukuran tegangan output dan arus output pada boost converter

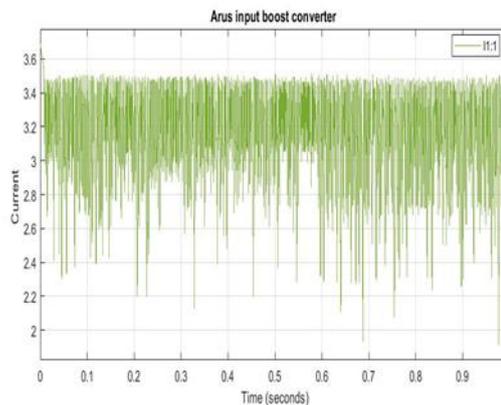
### 4.3 Plot tegangan input boost converter



Gambar 17. Plot Tegangan input boost converter

Tegangan input pada boost converter berada diantara 27,9 V – 32,7 V. Terjadi perubahan yang cukup signifikan pada tegangan input boost converter seperti gambar 4.3 . Cenderung lebih naik turun atau kurang stabil karena belum melewati boost converter. Apabila telah melewati boost converter maka hasilnya cenderung stabil dan step up , sebagaimana fungsi dari boost converter.

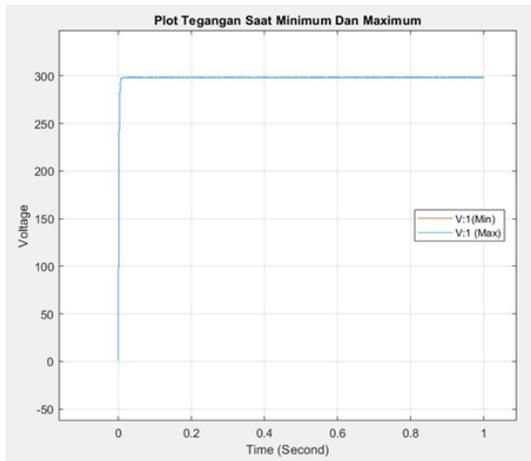
### 4.4 Plot arus input boost converter



Gambar 18. Plot arus input boost converter

Arus input pada boost converter berada diantara 2,7 A – 4 A .Terjadi perubahan yang cukup signifikan seperti gambar 4.4. Cenderung naik turun karena belum melewati boost converter . Apabila telah melewati boost converter maka arus cenderung stabil dan dilakukan step up, sebagaimana fungsi boost converter.

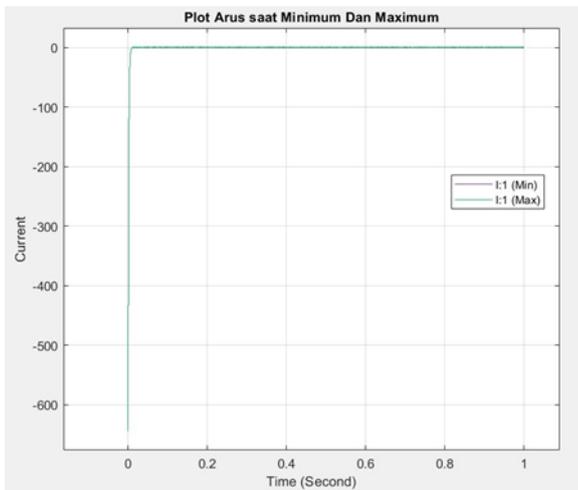
### 4.5 Plot tegangan output boost converter saat kondisi minimum dan maximum



Gambar 19. Plot Tegangan output boost converter saat minimum & maximum

Pada saat mensimulasikan pada Simulink/matlab 1 detik (second) mewakili 1 jam, karena yang dianalisa yaitu energi(watt-jam). Pada gambar 4.3 tegangan minimum dan maximum hampir tidak terlihat perbedaannya karena selisihnya tidak terlalu jauh, karena selisihnya antara 0,1 – 0,8. Pada gambar 4.3 tegangan saat minimum atau jam 7 pagi berada di antara 298,3 V – 298,5V sedangkan tegangan saat maksimum atau jam 12 siang berada di kisaran 298,4 V – 298,7 V. sehingga tegangan saat kondisi maksimum lebih besar daripada tegangan saat random karena meskipun matahari tegak lurus dengan solar tracker namun radiasi matahari belum maksimum saat jam 7 pagi dan radiasi matahari maksimum terjadi saat jam 12 siang.

#### 4.6 Plot arus output boost converter saat kondisi minimum dan maximum



Gambar 20. Plot Arus output boost converter saat minimum & maximum

Pada gambar 4.4 arus saat minimum dan maximum memiliki selisih yang kecil sehingga pada gambar terlihat seolah sama, karena selisihnya sekitar 0,1 – 0,4. Pada gambar 4.3 arus saat

minimum atau jam 7 pagi berada di antara 0,3 A – 0,6 A sedangkan arus saat maksimum atau jam 12 siang berada di kisaran 0,2 A – 0,3 A. sehingga arus saat kondisi maksimum lebih besar daripada saat kondisi minimum karena meskipun matahari tegak lurus dengan solar tracker namun radiasi matahari belum maksimum. beda halnya pada saat kondisi maksimum, matahari telah memancarkan radiasi maksimum saat jam 12 siang.

#### 4.7 Analisa energi

Berikut merupakan hasil Analisa energi pengintegrasian solar tracker dan mppt menggunakan fuzzy logic :

Tabel 4. Arus dan tegangan min-max input pada boost converter

Waktu pengujian	Tegangan Min (V)	Tegangan max (V)	Arus min(A)	Arus max (A)
7.00 (pagi)	27,9	31,7	2,7	3,9
12.00 (siang)	29,3	32,7	3,1	4

Tabel 5. Arus dan tegangan output pada boost converter

Waktu pengujian	Sudut elevasi PV	Tegangan output boost converter (V)	Arus output boost converter (A)	Daya keluaran boost converter (W)
7.00 (pagi)	15 °	292,6	0,1	29,26
8.00	30 °	294,8	0,2	58,96
9.00	45 °	295,2	0,3	88,56
10.00	60 °	296,8	0,3	89,4
11.00	75 °	297,2	0,5	148,6
12.00 (siang)	90 °	298,7	0,6	179,22

Dari hasil pada tabel 5, pv modul yang digunakan adalah ASUN Energy ASM 200PCAOG101. Pengintegrasian antara solar tracker dan mppt dengan menggunakan metode fuzzy logic. Cara mengintegrasikan solar tracker dan pv yaitu dengan mengganti blok input radiasi matahari dengan blok input azimuth, altitude dan solar radiation. Suhu yang diinputkan yaitu suhu pada kondisi standar 250 C. Pada

fuzzy logic controller menggunakan  $7 \times 5 = 35$  rule fuzzy yang disimulasikan pada matlab/Simulink.

Pada simulasi yang dilakukan terdapat 2 kondisi yaitu minimum dan saat maksimum. Kondisi minimum yang dipilih yaitu saat jam 7 pagi dan kondisi maksimum yaitu saat jam 12 siang. Nilai azimuth dan altitude yang diperoleh yaitu menggunakan [www.suncalc.org](http://www.suncalc.org) dan untuk koordinat tempat yang di pilih yaitu malang. Sedangkan untuk radiasi matahari di dapat dengan menggunakan pemodelan rumus perrin brichambaut untuk menghitung radiasi matahari dalam blok F(u) intensity solar radiation. Pada model rumus radiasi matahari perrin Brichambaut yang merupakan fungsi dari parameter astronomi yang sesuai dengan kondisi atmosfer. Berikut merupakan rumus radiasi matahari :

$$I = R \cdot \exp\left(\frac{-A}{B \sin(h+1)}\right)$$

di mana R (W / m<sup>2</sup>) adalah radiasi yang tampak. A, B, dan C merupakan nilai empiris untuk menghitung radiasi matahari menurut model Perrin Brichambaut [11]. Nilai empiris A, B, C pada Tabel berikut :

Tabel 6. nilai empiris model Perrin Brichambaut

Kondisi atmosfer(cuaca)	R	A	B	C
Cuaca cerah	1210	1,67	3,9	0,67
Cuaca dalam kondisi normal	1230	1,61	3,1	0,47
Cuaca pada Kawasan industri	1260	2,23	4	0,45

Pada saat mensimulasikan matlab baik saat minimum dan saat maximum, kondisi atmosfer(cuaca) yang digunakan adalah cuaca dianggap cerah. Apabila cuaca dianggap cerah maka, nilai R = 1210 , A = 1,67 , B = 3,9 , C = 0,67 .

Pada kondisi minimum jam 7 pagi dengan sudut elevasi  $30^\circ$  tegangan input boost converter 31,7 V , tegangan output dari boost converter 298,3 V , arus input dari boost converter 2,7 A , arus output boost converter 0,2 A , sehingga energi yang dihasilkan 59,66 Watt-jam. Pada kondisi maksimum jam 12 siang dengan sudut elevasi  $90^\circ$  tegangan input dari boost converter 32,7 V , tegangan output dari boost converter 298,7 V , arus input dari boost converter 3,7 A , arus output boost converter 0,6 A , sehingga energi yang dihasilkan 179,22 Watt-jam. Seperti pada tabel 4.2 daya keluaran paling besar yaitu saat kondisi maksimum karena kondisi matahari tegak lurus dengan pv dan merupakan puncak radiasi matahari saat jam 12 siang , sedangkan saat kondisi minimum matahari belum memberikan radiasi yang maksimum meskipun matahari telah lurus dengan pv.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Pada sistem panel surya yang memiliki karakteristik P-V dan I-V yang tidak linier dan efisiensi yang sangat rendah karena pengaruh perubahan radiasi matahari sehingga diperlukan MPPT. Metode mppt yang digunakan adalah fuzzy logic karena termasuk metode kecerdasan buatan (AI) yang dapat bekerja tanpa memerlukan persamaan matematika dalam perancangannya, mampu bekerja dengan input tidak terbatas dan memiliki kemampuan dalam penanganan sistem yang non linier dengan cepat dan akurat.

2. Dari hasil simulasi integrasi solar Dari hasil simulasi integrasi solar tracker dan mppt pada matlab/Simulink, energi yang paling besar yaitu saat maksimum atau jam 12 siang karena radiasi matahari maksimum terjadi saat jam tersebut sedangkan saat kondisi minimum radiasi matahari saat jam 7 pagi masih belum maksimum meskipun posisi solar tracker dan matahari tegak lurus namun radiasi yang di terima pada kondisi tersebut belum maksimum sehingga output boost converter saat jam 7 pagi yaitu 29,26 Watt-jam dan saat jam 12 siang yaitu 179,22 Watt-jam. Sehingga energi maksimum didapat saat jam 12 siang saat mensimulasikannya karena matahari memancarkan radiasi maksimum saat jam 12 dan solar tracker tegak lurus dengan arah datangnya matahari.

### 5.2 Saran

1. Saat mensimulasikan pada matlab/Simulink jumlah fuzzy rulesnya adalah 35 . Apabila saat pensimulasian mendatang ingin di peroleh hasil error yang kecil atau tingkat keakuratan yang tinggi maka harus di tambah lagi fuzzy rulanya.
2. Perlu perbandingan antara solar tracker yang diintegrasikan dengan mppt dan solar tracker tanpa mppt agar dapat diketahui berapa presentase peningkatannya setelah diintegrasikan

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hossein mousazadeh dkk (2009) A review of principle and sun tracking methods for maximizing solar system output, College of Engineering , University of Tehran, Iran.
- [2] N.A. Handayani, D. Ariyanti (2012), Potency of solar energy application in Indonesia, IJRED. 33-38.
- [3] S. Sheik Mohammed and D. Devaraj (2015), Simulation and analysis of stand-alone photovoltaic system with boost converter using MATLAB/Simulink, Proc. 2014 IEEE International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies. ICCPCT 2014, pp. 814-821.
- [4] Yejee Choi, Monineath Khun, Giselle Verbera (2017) *Maximum Power Point Tracking*. WORCHESTER POLYTECHNIC INSTITUTE : “ March 23<sup>th</sup>, 2017.
- [5] Aryunto Soetedjo, dkk (2020) Integration Of Solar

- Tracker and Maximum Power Point Tracking for Improving Photovoltaic(PV) System Efficiency. Department of Electrical Engineering National Institut of Technology (ITN) Malang.
- [6] S.V Mitrovanov.dkk (2018) Simulation Model Of Autonomous Solar Power Plant With Dual Axis Solar Tracker. Faculty of power Engineering Orenburg State University Rusia.
- [7] Muhammad Arif Budiyanto & Muhammad Hanafi lubis (2020) Physical Review of Solar Radiation Models for Estimating Global Solar Radiation In Indonesia . Naval Architecture and Marine Engineering, Departement of Mechanical Engineering, Universitas Indonesia.
- [8] Kurnia M. Pebriningtyas dkk (2013) Kontrol logika fuzzy menggunakan penelusuran daya maksimum pada panel surya menggunakan fuzzy logic di kota Surabaya ,Teknik fisika, fakultas teknologi industri, institute teknologi sepuluh nopember (ITS).
- [9] Anugrah aldeni prima & Budhi Anto (2018) Perancangan dan analisis rangkaian synchronous boost converter untuk penyalaaan lampu led 21w dengan sumber baterai 12VDC, jom FTEKNIK volume 5 no.1 april 2018, Teknik elektro universitas riau.
- [10] Salsabila ahmad dkk (2012) Power feasibility of a low power consumption solar tracker, department of electrical & electronics engineering university putra malayasia, department of electrical system engineering universiti Malaysia perlis, centre of excellence for renewable energy university Malaysia perlis.
- [11] Kumar K dkk (2017) Design and analysis of modified single P&O mppt control algorithm for a stand alone hybrid solar and wind energy conversion system , school of electrical engineering VIT university india.
- [12] El Mgouchi Y. dkk (2015) Models for obtaining the daily direct, diffuse and global solar radiations , ETEE faculty of sciences abdul malek esaadi university Morocco.
- [13] Perrin de Brichambaut C. 'Estimation des Ressources Energétiques en France', 1975, Cahiers de l'A.F.E.D.E.S, N°1.
- [14] Saban ozdemir dkk (2017) Fuzzy logic based mppt controller for high conversion ratio quadratic boost converter, Vocational school of technical science gazi university turkey.
- [15] Hyacinthe tchakounte dkk (2020) Performance comparison of an autonomous smart sun tracking system versus a manual sun tracking, University of Yaounde , Cameroon.
- [16] Richard A.M Napitupulu dkk (2019) Karakteristik sel surya 20 WP dengan dan tanpa tracking system , Universitas HKBP Nommensen, Medan .
- [17] Donald Azuatalam dkk (2019) Energy management of small scale pv battery systems : A systematic review considering practical implementation, computation requirements , quality of input data and battery degradation, The university of Sydney , Australia.
- [18] Ankit Gupta dkk (2014) Performance analysis of neural network and fuzzy logic based MPPT techniques for solar PV systems , Gautan Buddha University Greater Noida , India.
- [19] Pui Weng Chan , Syafrudin Masri DC-DC Boost converter with constant output voltage for grid connected photovoltaic system, Universiti sains , Malaysia.
- [20] Saban Ozdemir dkk (2016) Fuzzy logic based MPPT controller for high conversion ratio quadratic boost converter, Gazi university , Turkey.
- [21] Pui Weng Chan , Syafrudin Masri DC-DC Boost converter with constant output voltage for grid connected photovoltaic system, Universiti sains , Malaysia.