

# ***Optimasi Output Photovoltaic Dengan Menggunakan Tracking Dinamis Berdasarkan Waktu Penyinaran Matahari***

<sup>1</sup> Arif Wibowo , <sup>2</sup> Riny Sulistyowati

<sup>1</sup> Teknik Elektro, <sup>2</sup> Dosen Teknik Elektro, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya  
<sup>1</sup> arif.wibowo11@yahoo.com, <sup>2</sup> riny.60294@yahoo.com

**Abstrak** - Salah satu energi alternatif yang sangat potensial di negara kita adalah *Photovoltaic* karena letak geografis negara kita yaitu didaerah tropis. Namun pada kenyataannya pemanfaatan *photovoltaic* adalah masih kurang maksimal karena adanya rotasi bumi yang menyebabkan gerak semu harian matahari. Dan salah satu cara untuk mengoptimalkan *output Photovoltaic* adalah dengan *tracking dinamis*. Sehingga dalam penelitian ini dirancang *prototype tracking photovoltaic* yang dapat bergerak *dinamis* berdasarkan waktu penyinaran matahari. Dimana dalam pergerakan *Photovoltaic* ini nantinya adalah sesuai dengan perhitungan sudut *tracking* yang berdasarkan arah sinar matahari. Untuk proses *tracking* ini digunakan *arduino uno* sebagai kontrolnya. Dan dari hasil pengujian yang telah dilakukan, *photovoltaic dinamis* ini mampu meningkatkan daya pembangkitan sebesar 31,22% dibandingkan pemasangan *statis* pada beban pembangkitan maksimal.

**Kata Kunci:** *Photovoltaic, Arduino Uno, Sudut Tracking, Waktu Penyinaran Matahari.*

**Abstrack** - *One of alternative energies which is very potential in our country is Photovoltaic because geographically it is located at tropical area. However, the fact showed that the use of photovoltaic has not been optimum yet due to the earth's rotation which causes daily apparent movement of the sun. Dyhamic tracking becomes one way to optimize Photovoltaic output. The research designed prototype of tracking photovoltaic which can move dynamically based on the solar radiation time period. The photovoltaic movement will be in line with the calculation of tracking angle based on the direction of sunlight. The tracking process used Arduino Uno as the controller. The testing result showed that dynamic photovoltaic could improve 31.22% plant power compared to static installation on the maximum plant load.*

**Keywords:** *Photovoltaic, Arduino Uno, Tracking Angle, Solar Radiation Time Period.*

## **1. PENDAHULUAN**

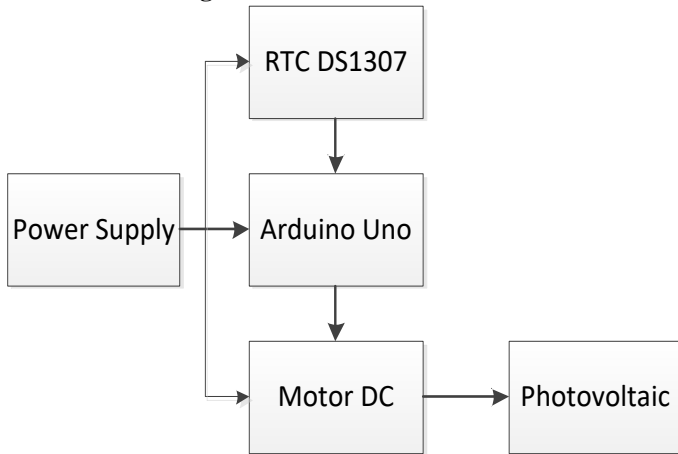
Pada saat ini kebutuhan akan energi Listrik adalah sangat besar dan terus meningkat, sehingga perlu adanya pengembangan sumber baru. Sumber energi listrik baru yang potensial untuk dikembangkan di negara kita ini adalah *Photovoltaic* atau sering disebut *Sel Surya*, karena letak geografis dari negara kita ini yaitu didaerah tropis yang keberadaan sumber energi mataharnya adalah sangat melimpah. Namun pada kenyataannya pengoptimalan *output Photovoltaic* saat ini adalah sangat terbatas, karena dari segi pemasangan (*statis*) dan faktor alam seperti cuaca dan adanya pengaruh rotasi bumi yang mengakibatkan terjadinya siang dan malam serta gerak semu harian matahari, yaitu dari timur ke barat [1].

Oleh karena itu, pada jurnal ini dijelaskan tentang pembuatan *prototype* yang bertema teknik pengoptimalan *output Photovoltaic*, yaitu “*Optimasi Output Photovoltaic Dengan Menggunakan Tracking Dinamis Berdasarkan Waktu Penyinaran Matahari*”. *Prototype* ini nantinya akan menggunakan sebuah modul *Photovoltaic 10 Wp* yang dapat bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari, sehingga daya output yang dihasilkan menjadi lebih maksimal. Harapan dari *prototype* yang akan saya kerjakan ini adalah lebih baiknya *output Photovoltaic*, yang nantinya dapat meningkatkan efisiensi daya output dari *Photovoltaic* yang terpasang *dinamis* bila dibandingkan dengan pemasangan *statis*

## 2. METODE

Perencanaan dan perancangan prototype tracking photovoltaic menggunakan control arduino uno dan penggeraknya adalah motor parabola.

### a. Blok Diagram Sistem

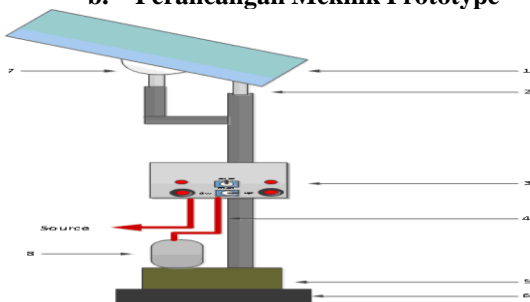


Gambar 1. Blok diagram sistem

Sistem ini bekerja dengan mengandalkan *Arduino Uno* sebagai pusat kontrolnya, sumber tegangannya adalah dari *Power Supply* atau *Baterai* luar, karena pada proses penelitian ini lebih menekankan pada penelitian tingkat efisiensi dari pemasangan dinamis dari pada statis.

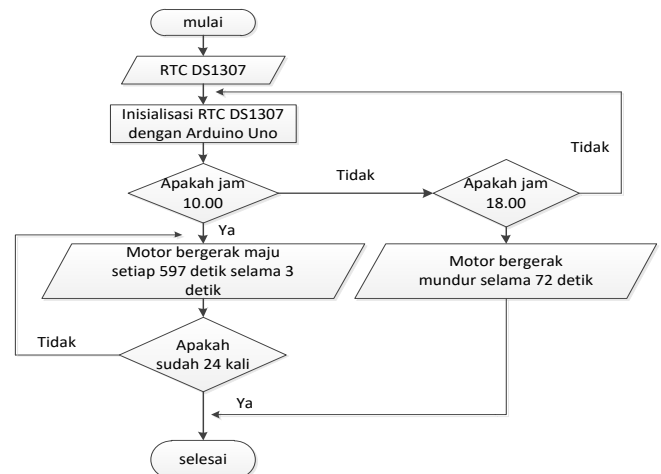
Motor dc pada sistem ini adalah untuk melakukan proses tracking dari photovoltaic, yang dalam pergerakannya mengikuti control dari *Arduino* yang sebagai referensinya adalah *RTCDS1307*. Adapun fungsi *RTCDS1307* adalah sebagai sensor waktu yang nantinya akan diolah oleh *Arduino uno*, yang outputnya akan digunakan untuk mengontrol Motor DC yang nantinya akan menggerakkan *Photovoltaic*.

### b. Perancangan Meknik Prototype



Gambar 2. Gambar rancangan mekanik prototype

### c. Perancangan Kontrol Tracking



Gambar 3. Gambar flowchart sistem kerja kontrol

Sistem kerja dari kontrol tracking adalah sebagai berikut:

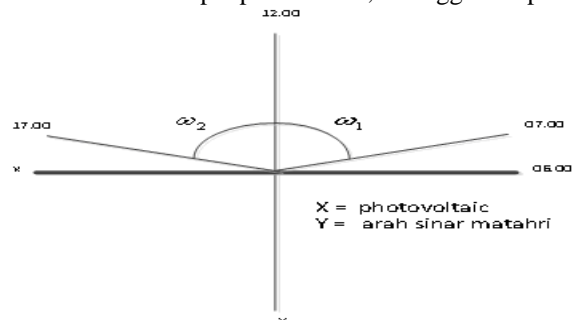
- Langkah pertama dari sistem kontrol ini adalah dengan menghubungkan *RTC DS1307* pada *Board Arduino Uno* yang nantinya akan digunakan sebagai referensi waktu.
- Menginisialisai *RTC DS1307* dengan *Arduino Uno* dengan software yang telah terinstal pada laptop.
- Apabila jam pada *RTC DS1307* menunjukkan pukul 10.00, maka motor akan bergerak maju setiap 597 detik selama 3 detik sebanyak 24 kali gerakan.
- Dan Apabila jam pada *RTC DS1307* menunjukkan Pukul 18.00, maka motor akan bergerak mundur selama 72 detik.
- Dan Apabila sistem sudah bejalan seperti pada nomor 1 sampai 3 maka sistem ini dinyatakan selesai.

## 3. HASIL ANALISA

Perhitungan sudut untuk menentukan pengaturan tracking photovoltaic :

### a. Sudut Jam Matahari

Pada penelitian ini proses tracking dimulai pukul 07.00 sampai pukul 17.00, sehingga didapatkan:



Gambar 4. Koordinat sudut PV dan arah sinar matahari

$$\omega_1 = (ts - 12) \frac{360^0}{24}$$

$$\omega_1 = (7 - 12) \frac{360^0}{24} = -75^0 \text{ (dari bidang tegak).}$$

$$\omega_2 = (ts - 12) \frac{360^0}{24}$$

$$\omega_2 = (17 - 12) \frac{360^0}{24} = 75^0 \text{ (dari bidang tegak)}$$

\*Dengan catatan bahwa **setiap jamnya** ada perbedaan **15°**  
 \* ts = waktu jam

**b. Sudut AM (x) =1,5**

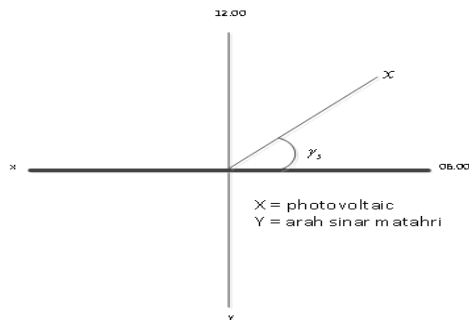
Untuk menghitung besarnya sudut AM =1,5 adalah sebagai berikut :

$$x = \frac{1}{\sin \gamma_s}$$

$$1,5 = \frac{1}{\sin \gamma_s}$$

$$\sin \gamma_s = \frac{1}{1,5} = 0,67$$

$$\gamma_s = \sin^{-1}(0,67) = 41,8^0$$



**Gambar 5.** Kordinat AM =1,5

$$x = \frac{1}{\sin \gamma_s}$$

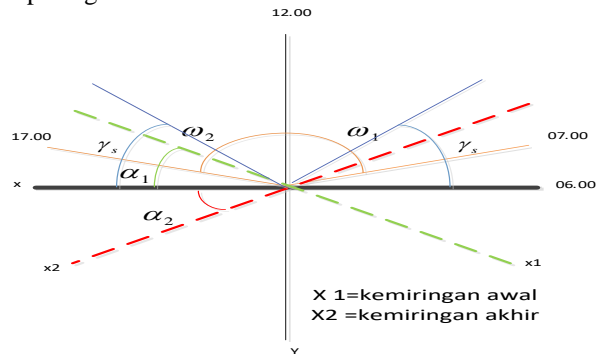
$$1,5 = \frac{1}{\sin \gamma_s}$$

$$\sin \gamma_s = \frac{1}{1,5} = 0,67$$

$$\gamma_s = \sin^{-1}(0,67) = 41,8^0$$

**c. Menghitung Kemiringan Photovoltaic dinamis**

Dalam menghitung kemiringan awal dan akhir dari photovoltaic adalah dengan memperhatikan sudut jam matahari ( $\omega$ ) dan besarnya sudut saat AM 1,5 seperti pada gambar 6 :



**Gambar 6.** Kemiringan awal dan akhir photovoltaic

$$\alpha_1 = \gamma_s - (90^0 - \Delta\omega_1)$$

$$\alpha_1 = 41,8^0 - (90^0 - 75^0) = 26,8^0 \approx 30^0$$

$$\alpha_2 = \gamma_s - (90^0 - \Delta\omega_2)$$

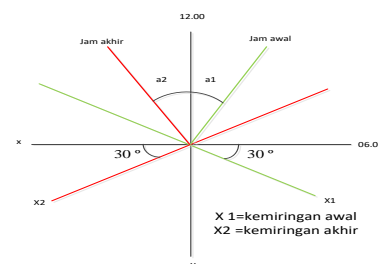
$$\alpha_2 = 41,8^0 - (90^0 - 75^0) = -26,8^0 \approx -30^0$$

Dengan :

- $\alpha_1$  sudut awal kemiringan PV
- $\alpha_2$  sudut akhir kemiringan PV

**d. Menghitung Sudut Saat Tracking**

Dalam sudut saat tracking dimulai pada saat sinar matahari tegak lurus pada bidang photovoltaic, yaitu pada saat kemiringan awal dan akhir. Seperti pada gambar 7 :



**Gambar 7.** Jam awal dan akhir pergerakan motor dc

Dari gambar 7 dapat diketahui bahwa besarnya sudut awal dan akhir dari pergerakan motor dc adalah :  $a_1 = a_2 = 30^0$ , sehingga

- jam awal

$$\omega_1 = (ts - 12) \frac{360^0}{24}, \text{ dengan } \omega_1 = a_1$$

$$-30^{\circ} = (ts - 12) \frac{360^{\circ}}{24}, \text{ maka}$$

$$ts = \left( -30^{\circ} \times \frac{24}{360^{\circ}} \right) + 12 = 10$$

• jam akhir

$$\omega = (ts - 12) \frac{360^{\circ}}{24}, \text{ dengan } \omega_2 = a_2$$

$$30^{\circ} = (ts - 12) \frac{360^{\circ}}{24}, \text{ maka}$$

$$ts = \left( 30^{\circ} \times \frac{24}{360^{\circ}} \right) + 12 = 14$$

Jadi jam awal dan akhir dari proses *tracking* dari dimulai jam 10.00 sampai 14.00, namun jam ini hanya berlaku untuk proses gerak saat *tracking* maju, dan untuk *tracking* mundurnya dimulai setelah AM 1,5 terlewati, yaitu setelah jam 17.00. Sehingga ditetapkan untuk *tracking* mundurnya jam 18.00 sampai *photovoltaic* kembali ke titik semula, yaitu pada kemiringan awal.

e. **Menghitung Pergeseran Sudut Tracking**

Untuk menghitung besarnya sudut tracking dari photovoltaic dengan menggunakan perhitungan pada poin c dan d. Pada penelitian ini, photovoltaic diharapkan dapat bergerak setiap 10 menit supaya ketegak lurus dengan sinar matahari dapat terjaga setelah mulai bergerak, sehingga didapatkan :

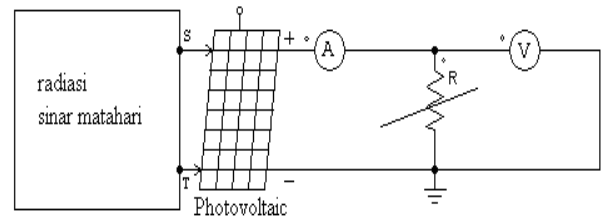
$$\text{Pergeseran sudut} = \frac{a_2 - a_1}{\text{jam}_{akhir} - \text{jam}_{awal}}$$

$$= \frac{30^{\circ} - (-30^{\circ})}{14.00 - 10.00} = \frac{60^{\circ}}{4 \text{ jam}}$$

Karena diharapkan dapat bergerak setiap 10 menit, maka :

$$\text{Pergeseran sudut} = \frac{60^{\circ}}{24} = 2,5^{\circ} / 10 \text{ menit}$$

f. Efisiensi Photovoltaic yang terpasang secara dinamis dan statis, dengan cara membandingkan data yang diambil dari pengujian photovoltaic yang terpasang secara statis maupun dinamis.



Gambar 8. Pengukuran Arus dan tegangan Output PV

Gambar 8 merupakan gambar yang digunakan untuk melakukan pengukuran arus dan tegangan *output PV*, dengan R bervariasi dari 10-70 Ω., yang digunakan untuk mengetahui titik beban pembangkitan maksimal.

Tabel 1. Hasil pengukuran arus dan tegangan

| Jam       | Beban (Ohm) | Dinamis     |             |            | Statis      |             |             | Regulasi Daya % |
|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
|           |             | V           | I           | P          | V           | I           | P           |                 |
| 07.00     | 10          | 4,1         | 0,41        | 1,68       | 2,8         | 0,28        | 0,78        | 114,413         |
| 08.00     |             | 5,2         | 0,52        | 2,7        | 4,5         | 0,45        | 2,03        | 33,5309         |
| 09.00     |             | 5,8         | 0,58        | 3,36       | 4,8         | 0,48        | 2,3         | 46,0069         |
| 10.00     |             | 6,4         | 0,64        | 4,1        | 5,5         | 0,55        | 3,03        | 35,405          |
| 11.00     |             | 7,1         | 0,71        | 5,04       | 6,2         | 0,62        | 3,84        | 31,1394         |
| 12.00     |             | 7,3         | 0,73        | 5,33       | 7,3         | 0,73        | 5,33        | 0               |
| 13.00     |             | 7,3         | 0,73        | 5,33       | 7,2         | 0,71        | 5,11        | 4,24491         |
| 14.00     |             | 7,1         | 0,72        | 5,11       | 6,2         | 0,63        | 3,91        | 30,8756         |
| 15.00     |             | 6,4         | 0,65        | 4,16       | 5,5         | 0,56        | 3,08        | 35,0649         |
| 16.00     |             | 5,8         | 0,57        | 3,31       | 4,9         | 0,48        | 2,35        | 40,5612         |
| 17.00     |             | 3,8         | 0,43        | 1,63       | 2,8         | 0,3         | 0,84        | 94,5238         |
| Rata-rata |             | <b>6,03</b> | <b>0,61</b> | <b>3,8</b> | <b>5,25</b> | <b>0,53</b> | <b>2,96</b> | <b>42,3424</b>  |
| 07.00     | 20          | 8,3         | 0,41        | 3,4        | 5,7         | 0,28        | 1,6         | 113,221         |
| 08.00     |             | 10,4        | 0,52        | 5,41       | 9           | 0,45        | 4,05        | 33,5309         |
| 09.00     |             | 11,7        | 0,58        | 6,79       | 9,7         | 0,48        | 4,66        | 45,7474         |
| 10.00     |             | 12,8        | 0,64        | 8,19       | 11          | 0,55        | 6,05        | 35,405          |
| 11.00     |             | 14,1        | 0,7         | 9,87       | 12,5        | 0,62        | 7,75        | 27,3548         |
| 12.00     |             | 14,4        | 0,71        | 10,2       | 14,4        | 0,71        | 10,2        | 0               |
| 13.00     |             | 14,8        | 0,68        | 10,1       | 14,5        | 0,65        | 9,43        | 6,77984         |
| 14.00     |             | 14,2        | 0,7         | 9,94       | 12,4        | 0,63        | 7,81        | 27,2401         |
| 15.00     |             | 12,8        | 0,65        | 8,32       | 11,1        | 0,56        | 6,22        | 33,8481         |
| 16.00     |             | 11,7        | 0,57        | 6,67       | 9,7         | 0,48        | 4,66        | 43,2345         |
| 17.00     |             | 8,3         | 0,43        | 3,57       | 5,7         | 0,29        | 1,65        | 115,91          |
| Rata-rata |             | <b>12,1</b> | <b>0,6</b>  | <b>7,5</b> | <b>10,5</b> | <b>0,52</b> | <b>5,83</b> | <b>43,8429</b>  |
| 07.00     | 30          | 12,5        | 0,41        | 5,13       | 8,5         | 0,28        | 2,38        | 115,336         |
| 08.00     |             | 14,8        | 0,49        | 7,25       | 13,4        | 0,44        | 5,9         | 22,9986         |
| 09.00     |             | 15,3        | 0,52        | 7,96       | 14,2        | 0,47        | 6,67        | 19,2089         |
| 10.00     |             | 16,7        | 0,55        | 9,19       | 15,4        | 0,51        | 7,85        | 16,9468         |
| 11.00     |             | 17,2        | 0,57        | 9,8        | 16,5        | 0,56        | 9,24        | 6,1039          |
| 12.00     |             | 17,7        | 0,57        | 10,1       | 17,7        | 0,57        | 10,1        | 0               |
| 13.00     |             | 17,5        | 0,57        | 9,98       | 17          | 0,57        | 9,69        | 2,94118         |
| 14.00     |             | 17,1        | 0,58        | 9,92       | 16,5        | 0,57        | 9,41        | 5,45455         |
| 15.00     |             | 16,6        | 0,55        | 9,13       | 15,5        | 0,53        | 8,22        | 11,1382         |
| 16.00     |             | 14,9        | 0,53        | 7,9        | 14,3        | 0,47        | 6,72        | 17,4974         |
| 17.00     |             | 12,5        | 0,43        | 5,38       | 8,5         | 0,28        | 2,38        | 125,84          |

| Jam              | Beban (Ohm) | Dinamis     |             |             | Statis      |             |             | Regulasi Daya % |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
|                  |             | V           | I           | P           | V           | I           | P           |                 |
| <b>Rata-rata</b> |             | <b>15,7</b> | <b>0,52</b> | <b>8,34</b> | <b>14,3</b> | <b>0,48</b> | <b>7,14</b> | <b>31,2242</b>  |
| 07.00            | 40          | 15,3        | 0,38        | 5,81        | 11,3        | 0,28        | 3,16        | 83,7547         |
| 08.00            |             | 16,5        | 0,41        | 6,77        | 15,8        | 0,39        | 6,16        | 9,78578         |
| 09.00            |             | 17          | 0,42        | 7,14        | 16,2        | 0,41        | 6,64        | 7,49774         |
| 10.00            |             | 17,7        | 0,44        | 7,79        | 16,8        | 0,42        | 7,06        | 10,3741         |
| 11.00            |             | 18          | 0,45        | 8,1         | 17,6        | 0,44        | 7,7         | 4,59711         |
| 12.00            |             | 18          | 0,45        | 8,1         | 18          | 0,45        | 8,1         | 0               |
| 13.00            |             | 18          | 0,45        | 8,1         | 17,8        | 0,44        | 7,8         | 3,42186         |
| 14.00            |             | 18          | 0,46        | 8,2         | 17,4        | 0,44        | 7,6         | 8,15047         |
| 15.00            |             | 17,8        | 0,43        | 7,65        | 16,8        | 0,42        | 7,0         | 8,47506         |
| 16.00            |             | 16,7        | 0,42        | 7,01        | 16,2        | 0,41        | 6,6         | 5,60072         |
| 17.00            | 15,3        | 0,39        | 5,97        | 11,3        | 0,28        | 3,1         | 88,5904     |                 |
| <b>rata-rata</b> |             | <b>17,1</b> | <b>0,43</b> | <b>7,34</b> | <b>15,9</b> | <b>0,4</b>  | <b>6,47</b> | <b>20,9316</b>  |
| 07.00            | 50          | 16,4        | 0,32        | 5,25        | 13,7        | 0,27        | 3,7         | 41,8762         |
| 08.00            |             | 16,4        | 0,32        | 5,25        | 13,7        | 0,27        | 3,7         | 41,8762         |
| 09.00            |             | 17,4        | 0,33        | 5,92        | 16,3        | 0,33        | 5,5         | 6,07854         |
| 10.00            |             | 18,1        | 0,36        | 6,52        | 17,3        | 0,34        | 5,8         | 10,7786         |
| 11.00            |             | 18,3        | 0,36        | 6,59        | 18          | 0,36        | 6,4         | 1,66667         |
| 12.00            |             | 18,3        | 0,36        | 6,59        | 18,3        | 0,36        | 6,5         | 0               |
| 13.00            |             | 18,3        | 0,36        | 6,59        | 18,3        | 0,36        | 6,2         | 5,88235         |
| 14.00            |             | 18,3        | 0,36        | 6,59        | 18          | 0,36        | 6,4         | 1,66667         |
| 15.00            |             | 18,1        | 0,36        | 6,52        | 17,3        | 0,34        | 5,8         | 10,7786         |
| 16.00            |             | 17,4        | 0,33        | 5,92        | 16,3        | 0,33        | 5,5         | 6,07854         |
| 17.00            | 16,4        | 0,32        | 5,25        | 14,7        | 0,27        | 3,8         | 37,3103     |                 |
| <b>rata-rata</b> |             | <b>17,6</b> | <b>0,35</b> | <b>6,09</b> | <b>16,6</b> | <b>0,32</b> | <b>5,45</b> | <b>14,9084</b>  |
| 07.00            | 60          | 16,8        | 0,28        | 4,7         | 15,1        | 0,25        | 3,7         | 24,6093         |
| 08.00            |             | 17,4        | 0,29        | 5,05        | 17,1        | 0,28        | 4,7         | 5,38847         |
| 09.00            |             | 17,7        | 0,31        | 5,31        | 17,3        | 0,28        | 4,8         | 9,62015         |

| Jam              | Beban (Ohm) | Dinamis     |             |             | Statis      |             |             | Regulasi Daya % |         |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
|                  |             | V           | I           | P           | V           | I           | P           |                 |         |
| 10.00            | 70          | 18,3        | 0,3         | 5,49        | 17,6        | 0,29        | 5,1         | 7,5627          |         |
| 11.00            |             | 18,5        | 0,31        | 5,74        | 18,2        | 0,3         | 5,4         | 5,03663         |         |
| 12.00            |             | 18,5        | 0,31        | 5,74        | 18,5        | 0,31        | 5,7         | 0               |         |
| 13.00            |             | 18,5        | 0,33        | 6,11        | 18,2        | 0,3         | 5,4         | 11,8132         |         |
| 14.00            |             | 18,3        | 0,3         | 5,49        | 17,6        | 0,29        | 5,1         | 7,5627          |         |
| 15.00            |             | 18,3        | 0,3         | 5,49        | 17,6        | 0,29        | 5,1         | 7,5627          |         |
| 16.00            |             | 17,6        | 0,3         | 5,28        | 17,3        | 0,28        | 4,8         | 9,00083         |         |
| 17.00            |             | 16,8        | 0,27        | 4,54        | 15,1        | 0,25        | 3,7         | 20,1589         |         |
| <b>rata-rata</b> |             | <b>17,9</b> | <b>0,3</b>  | <b>5,36</b> | <b>17,2</b> | <b>0,28</b> | <b>4,91</b> | <b>9,84687</b>  |         |
| 07.00            |             | 70          | 17,1        | 0,24        | 4,1         | 15,8        | 0,22        | 3,4             | 18,0667 |
| 08.00            | 17,6        |             | 0,25        | 4,4         | 17,3        | 0,24        | 4,1         | 5,97303         |         |
| 09.00            | 17,9        |             | 0,25        | 4,48        | 17,5        | 0,25        | 4,3         | 2,28571         |         |
| 10.00            | 18,4        |             | 0,26        | 4,78        | 17,7        | 0,25        | 4,4         | 8,11299         |         |
| 11.00            | 18,6        |             | 0,26        | 4,84        | 18,4        | 0,26        | 4,7         | 1,08696         |         |
| 12.00            | 18,6        |             | 0,26        | 4,84        | 18,6        | 0,26        | 4,8         | 0               |         |
| 13.00            | 18,6        |             | 0,26        | 4,84        | 18,6        | 0,26        | 4,6         | 4               |         |
| 14.00            | 18,6        |             | 0,26        | 4,84        | 18,3        | 0,26        | 4,7         | 1,63934         |         |
| 15.00            | 18,4        |             | 0,27        | 4,97        | 17,7        | 0,25        | 4,4         | 12,2712         |         |
| 16.00            | 17,9        |             | 0,25        | 4,48        | 17,5        | 0,25        | 4,3         | 2,28571         |         |
| 17.00            | 17,1        | 0,24        | 4,1         | 15,8        | 0,22        | 3,4         | 18,0667     |                 |         |
| <b>rata-rata</b> |             | <b>18,1</b> | <b>0,25</b> | <b>4,6</b>  | <b>17,6</b> | <b>0,25</b> | <b>4,34</b> | <b>6,70804</b>  |         |

Sample Perhitungan daya dan regulasi daya diatas adalah sebagai berikut :

- Data *sample* untuk perhitungan diambil pada saat jam 07.00 dan beban 10 Ω .
- Perhitungan daya *dinamis* adalah sebagai berikut :

$$P = VxI$$

$$P = 4,1 \times 0,41 = 1,68W$$

- Perhitungan daya statis adalah sebagai berikut :

$$P = V \times I$$

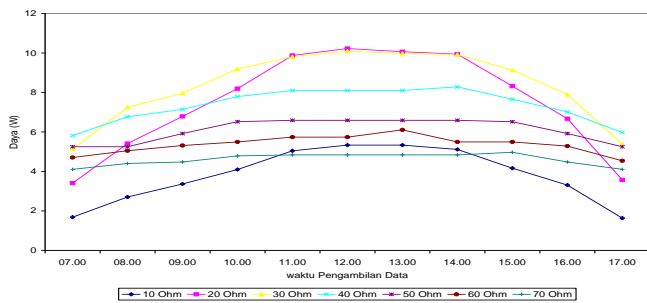
$$P = 2,8 \times 0,28 = 0,78W$$

- Perhitungan *Regulasi Daya* adalah sebagai berikut :

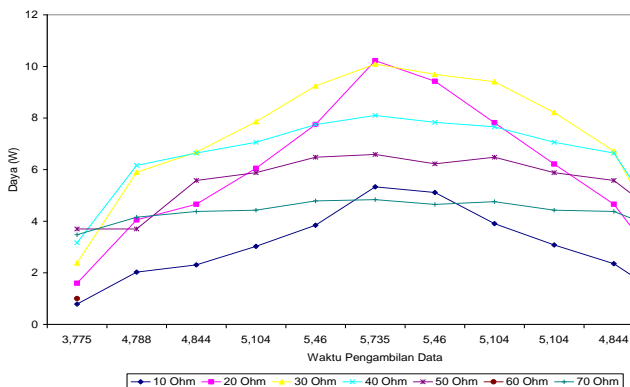
$$r = \frac{P_{dinamis} - P_{statis}}{P_{statis}} \times 100\%$$

$$r = \frac{1,68 - 0,78}{0,78} \times 100\% = 114,41\%$$

Grafik output PV ini adalah grafik daya output yang dihasilkan pv dinamis dan statis ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Gambar Daya PV dinamis



Gambar 10. Gambar Daya PV statis

Perhitungan efisiensi Output

$$\eta_{pv} = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100\% , \text{ dengan } P_{in} = I_r \times A$$

- Daya input ( $P_{in}$ ) =  $I_r \times A$ , dengan  $I_r = 1000 \text{ W/m}^2$  (standart)

$$= 1000W / m^2 \times (p_{photovoltaic} \times l_{photovoltaic}) = 1000W / m^2 \times (0,3 \times 0,26) = 78Watt$$

- Efisiensi kondisi statis* :  
*Efisiensi kondisi statis* yaitu diambil pada output daya rata-rata saat  $R = 30\Omega$ , sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\eta_{pv} = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_{pv} = \frac{7,14}{78} \times 100\% = 9,15\%$$

- Efisiensi kondisi dinamis* :  
*Efisiensi kondisi dinamis* yaitu diambil pada output daya rata-rata saat  $R = 30\Omega$ , sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\eta_{pv} = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_{pv} = \frac{8,34}{78} \times 100\% = 10,6\%$$

#### IV KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

*Photovoltaic* yang dipasang secara *dinamis* dapat menghasilkan *efisiensi output* yang lebih baik yaitu 10,6% dibandingkan 9,15% pada pemasangan *statis*, sehingga ada peningkatan *efisiensi* sebesar 1,45%. Terdapat peningkatan daya (*regulasi*) rata-rata sebesar 31,22% pada pemasangan *dinamis* dari pemasangan *statis* saat terjadi pembangkitan maksimal ( $R = 30\Omega$ ).

#### V DAFTAR PUSTAKA

- Yohana, Eflita., dan Darmanto, "Uji *Ekperimental* Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Dengan Posisi Mengikuti Pergerakan Arah Matahari", Jurnal Publications: Universitas Diponegoro. Semarang. 2012.
- Weried Priananda, Ciptian., dan Sulistyowati, Rini, ST.,MT, "Analisis Dan Simulasi Metode *Hill Climbing* Untuk *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* Pada *Photovoltaic Statis*", Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya. 2015.

3. Siswono, Hartono.,DR,"Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi", Seminar Publications: Universitas Gunadharma. Jakarta. 2008.
4. Hasibuan, AS,"*Pengertian Real Time Clock*", (RTCDS1307). Universitas Sumatra utara. 2010.
5. Kadir, Abdul,"Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi *Mikrokontroler* Dan Pemrogramannya Menggunakan *Arduino*", Andi: Yogyakarta. 2012.
6. T wati et al," Design and Simulation of Electric Center Distribution Panel Based On Photovoltaic System", IOP Conference Series: Material Science and Engineering 462. 2019.