

# Lampu Lalu Lintas Tenaga Surya dengan *Solar Tracking System* Kota Pekanbaru

Abdul Rahman Simbolon<sup>1</sup>, Asral<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau, Kampus Bina Widya Panam, Pekanbaru, 28293

<sup>1</sup>abdul.rahmansimbolo@student.unri.ac.id, <sup>2</sup>asral@lecturer.unri.ac.id

## Abstract

*Solar energy is light radiation and heat from the sun that is harnessed to generate electrical energy. Solar cell is one of the examples from solar energy usage and has been spreadly used by global society including application towards traffic light which is the focus in this study. Simply, Solar cell is converting light energy into electrical energy which commonly installed statically with a certain tilt angle. Meanwhile, solar cell installation location geographically has a different maximum tilt angle every month. Solar tracker is a power booster combined with solar panel which could help it to move mechanically to keep upright angle position towards the sun in daily basis. In addition, Data logger system is used to record voltage, current, and power used to load. Through this study, battery with capacity 12V 3,5Ah and solar cell 50WP could enlighten traffic light maximally for 14 hours and 31 minutes by applying solar tracker as well as showed performance increment for 27,18% higher than non-tracker experiment.*

*Keywords: Solar Cell, Solar Tracker, Traffic Light, Data Logger*

## 1. Pendahuluan

Energi adalah kebutuhan yang sangat vital dalam kehidupan manusia. Pemanfaatan energi adalah pengaplikasian pada lampu lalu lintas yang ada di Indonesia. Energi yang masih banyak digunakan adalah sumber dari PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai perusahaan penyedia listrik yang artinya masih ketergantungan terhadap energi fosil. Setiap hari pembangkit listrik di Indonesia membakar minyak, gas alam, dan batubara dalam jumlah yang banyak sebagai bahan bakar untuk menghasilkan listrik [1].

Dalam hal berkaitan dengan penggunaan energi, kondisi lalu lintas di Indonesia hampir semua masih bergantung pada PLN sebagai penghasil arus AC (*Alternating Current*) terbesar. Keadaan lampu lalu lintas di kota Pekanbaru Riau, secara keseluruhan masih menggunakan sistem konvensional yang sepenuhnya mengharapkan daya dari PLN. Apabila kondisi lampu padam, maka lampu lalu lintas juga akan mati. Maka yang terjadi bila pada waktu jam - jam padat lalu lintas adalah kemacetan yang tak terkendali yang akan mengakibatkan ketidaknyamanan bagi para pengendara jalan. Hal ini bisa menjadi motivasi bagi peneliti dalam mencari solusi alternatif yang diharapkan menjadi solusi dimasa depan agar ketergantungan daya lampu lalu lintas terhadap PLN bisa berkurang dalam beberapa tahun kedepan. Selain itu, bisa menjadi suplai daya ketika pemadaman listrik bergilir terjadi. Daya yang diperoleh oleh solar sel dari pagi hari sampai sore hari dapat di simpan di dalam baterai sebagai alat penyimpan daya, dan juga dapat digunakan dengan batas beban tertentu secara berkelanjutan [1].

Pemasangan solar sel yang dilakukan kebanyakan adalah bersifat statis (konvensional) yang mana posisi letak solar sel hanya pada satu posisi saja. Namun, dari sifat matahari yang kita tahu bahwa setiap jam akan ada pergerakan beberapa derajat dari timur ke barat. Itu artinya posisi matahari tidak diam pada satu posisi saja. Pergerakan matahari tersebut akan mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang akan diserap oleh solar sel sehingga hasil daya yang dihasilkan bisa lebih maksimal [4]. Penyerapan energi matahari menjadi fokus utama dalam menganalisa daya yang dihasilkan. Maka peneliti harus bisa berinovasi agar penyerapan energi matahari menjadi maksimal. Cara yang bisa dilakukan adalah dengan merancang *Solar tracking System*. *Solar tracking system* adalah merupakan *prototype* yang mana bisa memaksimalkan kerja solar sel. Alat ini sering juga disebut sebagai *solar tracker*. Bagaimanakah cara alat ini dapat memaksimalkan energi? Alat ini memiliki prinsip kerja yang sederhana dimana *solar tracker* akan bergerak mengikuti arah matahari sehingga energi matahari yang dapat diserap oleh solar sel bisa lebih maksimal [3]. Alat ini menjaga agar sudut datang tetap tegak lurus, karena sudut tegak lurus *solar panel* terhadap matahari adalah sudut maksimal (*optimum tilt*). Sehingga efisiensi energi yang dihasilkan akan meningkat pula. Peningkatan efisiensi yang terjadi bisa beragam tergantung posisi sudut kemiringan, dan pergerakan *solar tracker*. Dalam hal ini peneliti harus mengetahui data sudut kemiringan yang terbaik, agar *solar tracker* yang terpasang dengan solar sel dapat mengikuti matahari secara sempurna. Kombinasi solar sel dan *solar tracker* ini akan menjadi sesuatu hal yang menarik untuk dibahas.

Sebagai solusi alternatif, ini bisa menjadi solusi yang menjanjikan di masa depan, dan dapat digunakan sebagai energi cadangan jika keadaan lampu padam [2].

Adapun masalah yang akan dibahas adalah adalah sejalan dengan latar belakang yaitu bagaimana bagaimana cara kerja solar sel dan *solar tracker* pada lampu lalu lintas dan bagaimana merancang *solar tracker* berbasis mikrokontroler arduino sehingga meningkatkan efisiensi kerja dari solar sel. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah solar sel dalam penelitian ini hanya untuk mensuplai satu set (kiri, kanan, dan atas) lampu lalu lintas pada satu arah dengan total beban DC 12 watt, perancangan *solar tracker*, penelitian ini hanya menguji prestasi solar sel yang mengikuti matahari dengan *solar tracking system*, pengujian solar sel dilakukan selama 12 jam cahaya matahari, dan pengukuran suhu pada solar panel.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui, dan memahami cara kerja PLTS mikro berdaya 50 WP sebagai suplai daya pada lampu lalu lintas, untuk mengetahui cara merancang *solar tracker* dengan rangkaian mikrokontroler, untuk mengetahui peningkatan daya serap energi matahari dengan menggunakan *solar tracker*, dan untuk mengetahui laju radiasi matahari yang terjadi pada solar panel

## 2. Metode

Penelitian dilakukan dengan metode penelitian eksperimental dan menguji alat di lapangan secara langsung. Dari hasil pengujian akan diperoleh data primer dari daya solar sel. Setelah data diperoleh akan dianalisa untuk mengetahui efisiensi dan daya solar sel baik pengujian dengan *solar tracker* atau *non-tracker*.

### 2.1. Alat dan Bahan

Ini adalah tahapan dimana semua sumber informasi penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya untuk membangun ide awal untuk bisa melakukan inovasi, selain itu juga membaca buku-buku yang membahas tentang solar sel, *solar tracker*, *data logging system*, dan mikrokontroler. Penelitian ini menggunakan sistem kontroler dari Arduino UNO R3 yang mana apabila *solar panel* kita hadapkan kepada arah matahari yang bersinar dimulai dari timur, sensor akan mendeteksi, dan *solar tracker* akan menggerakkan *bearing* untuk mencari sudut yang tepat mengarah ke matahari.

Model panel surya yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah MSP-50 W dengan dimensi 67 cm x 53 cm x 3 cm yang mana bisa dapat menghasilkan usaha sebesar 225 Watt hour ( $W = P \times t$ , maka  $W = 50 \text{ Watt} \times 4,5 \text{ Jam} = 225 \text{ Watt Hour}$ ) selama sehari penuh (rata-rata waktu penyinaran terbaik dalam satu hari 4-5 jam). Model ini lebih besar dari kebutuhan akan

digunakan untuk mensuplai daya lampu lalu lintas dari jam 6.00 wib - 23.00 wib dengan beban 12 Watt yaitu sebesar 194 Watt hour. Sederhananya, daya yang dibutuhkan dalam 1 jam adalah sebesar 12 Watt hour. Selain itu, *solar tracker* merupakan rangkaian elektronika berbasis mikrokontroler dan akan membantu pergerakan mekanis dari panel surya dan digerakkan oleh motor DC. Solar sel yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



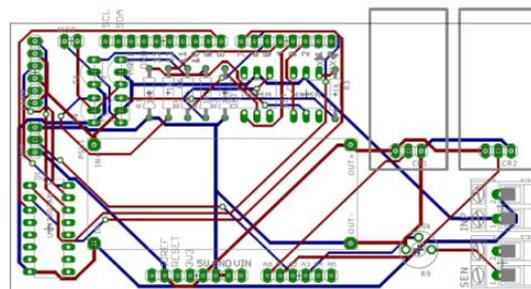
Gambar 1. Solar Sel Jenis Monokristalin Spesifikasi panel surya yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Solar Sel

Spesifikasi	Parameter
Daya maksimum (Pmax)	50 WP
Tegangan optimum (Vmp)	18,1 V
Arus optimum (Imp)	2,78 A
Short circuit current (Isc)	3,0 A
Tegangan beban nol (Voc)	22,2 V
Ukuran panel	67 cm × 53 cm × 3 cm
Tegangan sistem maksimal	700V
Berat	5,5 kg

### 2.2. Desain dan Perancangan

Pada tahap ini solar sel akan dilakukan perancangan dari model dan dimensi bantalan/engsel panel surya dan tiang penyangga (*standing pole*). Oleh karena itu, dengan desain engsel yang baik diharapkan solar panel dapat bergerak secara mekanis dengan baik yang nanti akan terhubung dengan *solar tracker* dan motor DC. Instalasi solar panel dan *solar tracker* dapat kita lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Board PCB Tracking System

### 2.3. Pengujian Sistem kendali dan Perekaman data oleh Data Logger

Pada tahap ini pengujian alat akan dilakukan setelah semua rangkaian mekanik dan elektronika model sudah didesain dan dirancang dengan baik setelah itu dipasang di model. Meninjau ulang apakah bantalan/engsel panel surya sudah bekerja

dengan baik sesuai dengan program yang ditanamkan. Serta memperbaiki bagian dari model atau isi program yang belum sesuai, jika pada pengujian ditemukan masalah.

Dan setelah model sudah bekerja dengan baik, data pengujian akan dilakukan di dekat kampus Universitas Riau, Pekanbaru (Jalan Manyar Sakti Gg. Kayu Manis) diatas bangunan mesjid area terbuka terhalang oleh bangunan dan pohon dengan radius 15 meter lebih. Adapun Variabel Pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pengujian 15 hari untuk dengan *tracker* dan 15 hari dilakukan dengan *non-tracker*.
2. Pengujian per hari masing-masing dengan *tracker* atau *non-tracker* (dari jam 6 pagi – jam 6 sore) dengan kondisi cuaca beragam (hujan, mendung, cerah) .
3. Pengujian temperatur pada plat solar panel.

Skematik pengujian lampu lalu lintas tenaga surya dengan *solar tracking system* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Instalasi Solar Sel Secara Keseluruhan

Sistem kendali dan penyimpan data dalam penelitian ini adalah Arduino Uno R3 dan *Arduino Data Logger Shield*. Arduino Uno R3 berfungsi untuk sebagai alat kontrol pergerakan mekanis model dan diprogram dengan *software arduino 1.6.9 hourly build* dan *Arduino Data Logger Shield* digunakan pada *data logging system* untuk penyimpanan data pengujian model. Dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Arduino UNO R3



Gambar 5. Arduino Data Logger Shield

## 2.4. Pengolahan Data

Dari pengujian yang dilakukan maka dapat diketahui arus, tegangan terbangkit dan terpakai ke beban, waktu sudut, dan keadaan cuaca saat pengujian.

### 1. Daya (P)

Daya yang dihasilkan selama pengujian dihasilkan oleh soalr panel dari hasil pengukuran arus dan tegangan dapat dicari dengan persamaan 1 [7].

$$P = V . I \quad (1)$$

Dimana V adalah tegangan keluaran (Volt), dan I adalah arus (Ampere).

### 2. Daya Rata-Rata ( $P_{rata-rata}$ )

Untuk mencari daya rata-rata solar sel dapat menggunakan persamaan (2) dibawah ini [7].

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (2)$$

Dimana  $P_1$  adalah daya data pengujian pertama,  $P_2$  adalah daya data pengujian kedua,  $P_n$  adalah daya data pengujian kesekian, dan n adalah jumlah daya pengujian.

### 3. Energi (W)

*Arduino Data Logger Shield* sebagai alat penyimpan data tegangan dan arus solar sel secara otomatis. Data yang diperoleh berhubungan dengan jumlah daya yang diperoleh dengan jangka waktu tertentu maka akan didapatkan total usaha (*work*) dengan persamaan 3 dibawah ini [1].

$$W = P \times t \quad (3)$$

Dimana P adalah daya (Watt), dan t adalah waktu (s).

### 4. Laju Radiasi (Q)

Pengukuran suhu dilakukan sebagai data tambahan untuk menghitung Q laju radiasi yang ada pada plat solar sel. Alat pengukuran suhu yang digunakan adalah *digital thermometer*. Data diambil selama dua hari di halaman depan laboratorium Teknik Mesin, Universitas Riau dengan interval waktu setiap lima menit akan dicatat berapa temperatur solar panel. Sedangkan persamaan yang gunakan dalam pengukuran suhu solar panel adalah persamaan 4 dibawah ini.

$$Q_{pancaran} = \sigma AT^4 \quad (4)$$

Dimana  $\sigma$  adalah konstanta boltzman ( $5,669.10^{-8} \text{ W/m}^2.\text{K}^4$ ), A adalah luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ ), dan T adalah suhu absolut benda ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### 5. Efisiensi ( $\eta$ )

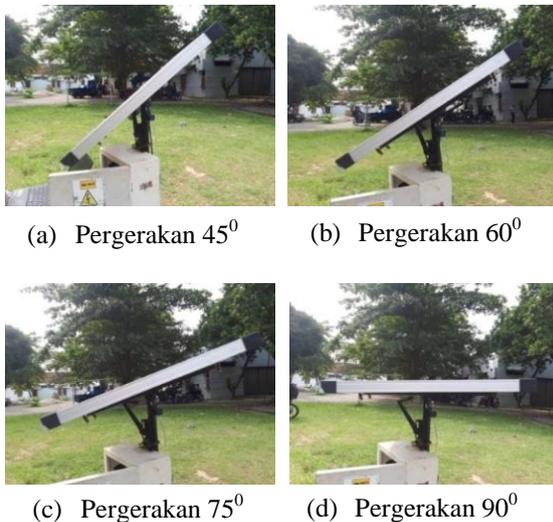
Untuk menghitung efisiensi peningkatan energi dari daya *tracker* dan *non-tracker* dengan persamaan 5 dibawah ini [1].

$$\eta = \frac{P_{tracker} - P_{non-tracker}}{P_{non-tracker}} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana  $P_{tracker}$  adalah daya keluaran yang mewakili pengujian dengan *tracker* dan  $P_{non-tracker}$  daya keluaran yang mewakili pengujian dengan *non-tracker*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Model yang sudah dirancang dan diprogram dalam *solar tracking system* dan *data logging system* sebagai alat kendali dalam menggerakkan panel surya secara mekanis, serta desain engsel dan tiang penyangga panel surya. Selanjutnya dapat dilakukan pengujian program yang sudah dirancang pada software *Arduino 1.6.9. hourly build* dengan bahasa C++. Dari pengujian gerakan mekanis *solar tracking system* yang sudah dilakukan pergerakan model penelitian sebesar  $15^{\circ}$  per jamnya dimulai dari  $45^{\circ}$  sampai dengan  $135^{\circ}$  beberapa pergerakan dari  $45^{\circ}$  sampai dengan  $90^{\circ}$  dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pergerakan Mekanis Panel Surya per Jam

Pergerakan ini berlaku untuk mode “*manual*” dan “*auto*” yang pergerakannya dibantu oleh adanya motor DC dan engsel solar panel yang mendukung dengan baik.

#### 3.1. Perhitungan Teknis

Dari data yang sudah diperoleh, data yang tersimpan dalam *data logger* adalah data dalam hitungan detik dan tidak mungkin untuk ditampilkan langsung pada analisa data. Oleh karena itu, dihitung data rata – ratanya seperti data

arus, tegangan, sudut referensi. Untuk mengetahui daya terbangkit adalah sebagai berikut:

$$P = V.I = 11,655 V \times 1,101 A = 12,8 \text{ Watt}$$

Untuk mengetahui rata-rata daya terbangkit:

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} = \frac{12,83 W + 9,78 W + 28,27 W + 32,65 W + 19,96 W + 16,20 W + 15,17 W + 15,02 W + 14,41 W + 11,97 W + 10,65 W + 0,69 W + 0,56 W}{13} = 14,48 \text{ Watt}$$

Untuk mengetahui total energi (usaha) dalam pengujian per hari dapat melakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Total energi} = \sum (P.t) = 12,77 \text{ Wh} + 13,75 \text{ Wh} + 29,75 \text{ Wh} + 26,79 \text{ Wh} + 19,13 \text{ Wh} + 14,88 \text{ Wh} + 16,83 \text{ Wh} + 16,14 \text{ Wh} + 14,14 \text{ Wh} + 16,07 \text{ Wh} + 9,6 \text{ Wh} + 0,63 \text{ Wh} + 0,57 \text{ Wh} = 192,326 \text{ Watt hour}$$

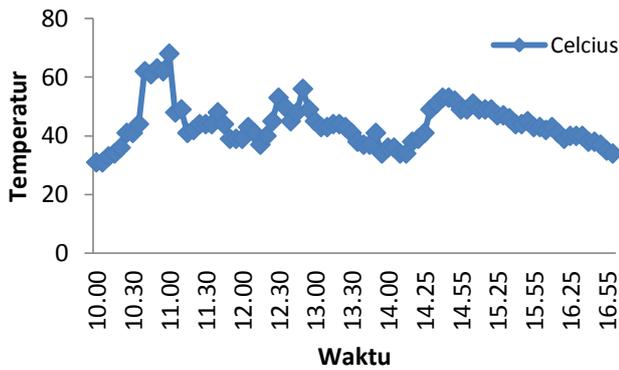
Untuk nilai rata-rata beban terpakai untuk beban sebesar 13, 253 Watt. Maka, untuk mengetahui lama waktu pemakaian beban dari peralatan lampu lalu lintas, *tracker*, dan motor DC dapat dilakukan analisa dari rata-rata beban terpakai ke lampu lalu lintas dan total energi disimpan di baterai dengan menggunakan rumus:

$$W = P \times t \quad t = W/P = 192,326 \text{ Watt hour} / 13,253 \text{ Watt} = 14,51 \text{ (14 Jam 31 Menit)}$$

Untuk mengetahui hasil perhitungan laju radiasi yang terjadi pada papan solar panel yang memiliki luas  $0,3551 \text{ m}^2$ , dengan  $68^{\circ}\text{C}$  ( $341\text{K}$ ) dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini:

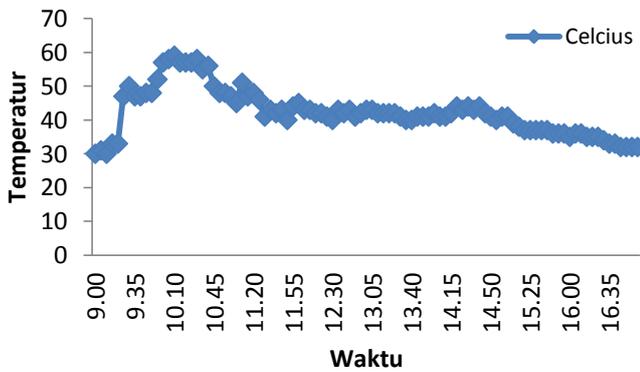
$$Q_{pancaran} = \sigma AT^4 = (5,669 \times 10^{-8}) \times 0,3551 \times (336)^4 = 272,191 \text{ J/s}$$

Untuk karakteristik waktu dan temperatur pada pengujian di hari pertama dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Karakteristik Waktu dan Temperatur Hari Pertama

Data temperatur hari pertama diukur pada tanggal 18 Januari 2018 dari pagi hari jam 10.00 wib – 17.00 wib dengan jarak interval pengukuran setiap 5 menit. Suhu tertinggi ada pada jam 11.00 wib dengan mencapai 68 °C, sedangkan suhu terendah ada pada pagi hari jam 10.00 wib pada 31 °C. Pada pukul 12.00 wib langit mulai mendung dan terjadi hujan ringan. Untuk suhu yang lainnya cenderung fluktuatif pada siang hari dan mulai menurun pada sore hari. Dan untuk karakteristik waktu dan temperatur pada hari ke dua dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Karakteristik Waktu dan Temperatur Hari ke Dua

Pengambilan data pengukuran temperatur pada grafik 8 dilakukan lebih awal yaitu pada pukul 9.00 wib. Suhu tertinggi diperoleh pada pukul 10.10 wib yaitu 59 °C yang mana lebih rendah dibanding pengukuran di hari sebelumnya. Sedangkan temperatur terendah adalah 30 °C Secara keseluruhan cuaca cerah akan tetapi mulai pada siang hari langit lebih sering berawan dan tidak terlalu panas terik atau cerah total.

Pada masing-masing bulan memiliki sudut maksimum (*optimum angle tilt*). Pada pengujian dengan *tracker* dan *non-tracker* yang ada pada bulan Juni sudut maksimal ada pada sudut 114° dan daya terbangkit maksimal sekitar pukul 13.36 wib. Pada bulan September sudut maksimal adalah 90° ada pada pukul 12.00 wib. Pada bulan Oktober sudut maksimal adalah 82°, penyerapan maksimal

ada pada pukul 11.28 wib. Dan yang terakhir adalah pada bulan November 74°, penyerapan maksimal ada pada pukul 10.59 wib. Grafik data daya terbangkitkan per hari selama 30 hari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Daya Terbangkitkan per Hari

Hari ke-	Tanggal Pengujian	Daya Tracker (Watt)			Tanggal Pengujian	Daya Non-Tracker (Watt)		
		Daya Maks.	Daya Min.	Total Daya		Daya Maks.	Daya Min.	Total Daya
1	5/6/2017	32,65	0,56	188,18	15/10/2017	22,54	2,17	143,48
2	6/6/2017	26,81	0,55	189,2	23/10/2017	26,19	2,63	129,06
3	7/6/2017	31,13	0,57	190,49	24/10/2017	26,61	3,16	129,75
4	8/6/2017	25,11	0,71	154,84	25/10/2017	23,92	3,23	123,66
5	9/6/2017	27,55	0,63	180,49	26/10/2017	19,44	0,16	123,46
6	10/6/2017	26,93	0,74	140,63	27/10/2017	30,11	0,71	137,26
7	11/6/2017	32,23	0,84	146,24	28/10/2017	32,89	0,72	151,17
8	12/6/2017	29,75	0,57	192,32	29/10/2017	28,27	0,72	138,18
9	13/6/2017	31,41	0,67	162,55	30/10/2017	19,68	1,63	117,74
10	30/9/2017	26,5	3,63	141,35	31/10/2017	13,76	1,69	105
11	1/10/2017	17,05	3,02	119,46	1/11/2017	25,59	2,28	136,23
12	7/11/2017	20,57	0,65	112,76	2/11/2017	27,41	1,38	132,81
13	8/11/2017	17,72	3,03	93,12	3/11/2017	24,58	0,68	125,97
14	9/11/2017	25,56	0,67	124,92	5/11/2017	21,91	2,12	133,22
15	10/11/2017	24,94	0,7	123,1	6/11/2017	24,65	0,16	110,53

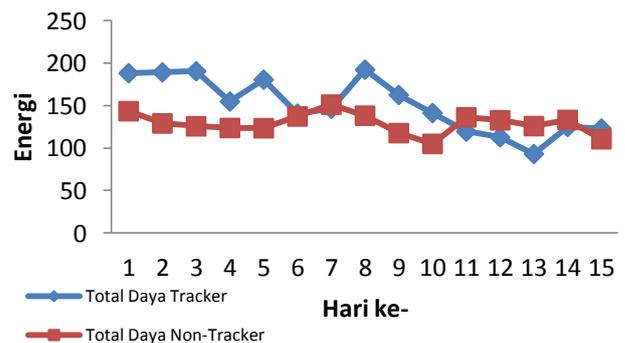
Berdasarkan Tabel 1 diatas total daya terbangkitkan dan peningkatan daya lebih dapat kita lihat pada daya maksimal terbangkitkan dengan *tracker* yaitu 192,32 *Watt hour*. Sedangkan untuk *non-tracker*, daya maksimal yang diperoleh adalah sebesar 151,17 *Watt hour*. Dengan itu dapat kita mencari efisiensi peningkatan energi dari daya *tracker* dan *non-tracker* dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{tracker} - P_{non-tracker}}{P_{non-tracker}} \times 100\%$$

$$= \frac{192,32 \text{ Wh} - 151,17 \text{ Wh}}{151,17 \text{ Wh}} \times 100\%$$

$$= 27,18\%$$

Peningkatan energi dapat mencapai 27,18% dari pengujian yang dilakukan pada penelitian ini. Dari total daya dari masing-masing sistem dapat dilihat karakteristik daya yang bangkitkan dengan *tracker* dan *non-tracker* seperti Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Grafik Total Daya Terbangkitkan Tracker dan Non-Tracker

Berdasarkan Gambar 9 total *daya tracker* cenderung lebih baik, walaupun ada terjadi penurunan yang tidak stabil pada hari ke 11 sampai dengan ke 14. Itu menunjukkan bahwa *solar tracking system* dapat menaikkan efisiensi solar panel. Jika dibandingkan dengan *non-tracker*, daya yang dihasilkan cenderung lebih kecil akan tetapi lebih stabil. Daya terbaik diperoleh pada hari ke 7, sedangkan daya terendah terdapat pada hari ke 10.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari lampu lalu lintas tenaga surya dengan *solar tracking system* kota Pekanbaru adalah sebagai berikut:

- 1) Dari kinerja alat, lampu lalu lintas dapat menerangi selama 14 Jam 31 Menit dengan *tracker*, sedangkan dengan *non-tracker* dapat menerangi selama 11 jam 20 menit.
- 2) Untuk *solar panel* 50 WP, daya bangkit maksimal ideal bisa mencapai 225 *Watt hour* akan tetapi daya aktual maksimal yang bisa dibangkitkan dengan menggunakan *solar tracker* adalah sebesar 192,32 *Watt hour*.
- 3) Terjadinya peningkatan daya serap energi dengan *solar tracker* 27,18 % lebih baik dibandingkan dengan serap energi *non-tracker*.
- 4) Laju perpindahan panas radiasi tertinggi pada pengujian mencapai 272,19 Joule/sekon pada temperatur 68<sup>0</sup>.

Saran yang bisa diberikan oleh penulis adalah:

- 1) Rekomendasi baterai yang diperlukan untuk *solar panel* 50 WP dengan beban 12 Watt adalah 12V 12 Ah/10Hr. Akan tetapi, pertimbangkan peletakan baterai pada kotak panel.
- 2) Desain engsel pada penelitian dianggap masih belum maksimal seperti referensi ideal dalam teori yaitu bergerak 15<sup>0</sup> setiap jamnya. Sebaiknya dapat mendesain engsel dengan pergerakan mekanis yang lebih luwes (universal) sehingga diharapkan bisa mencapai semua sudut mekanis berdasarkan pergerakan matahari.
- 3) Desain engsel pada penelitian dianggap masih belum maksimal seperti referensi ideal dalam teori yaitu bergerak 15<sup>0</sup> setiap jamnya. Akan tetapi, pergerakan panel aktual hanya bisa mencapai dari sudut 45<sup>0</sup> (CW) sampai dengan 135<sup>0</sup> (CCW) dengan pergerakan dari timur dan barat. Sebaiknya dapat mendesain engsel dengan pergerakan mekanis yang lebih luwes (universal) sehingga diharapkan bisa mencapai semua sudut mekanis berdasarkan pergerakan matahari

#### Daftar Pustaka

- [1] Kesuma, F, A, D.. Implementasi Panel Surya Pada Lalu Lintas yang Diterapkan di Simpang Legenda Malaka Batam, *Skripsi*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- [2] Saputra, W. 2008. Rancang Bangun Solar Tracking System untuk Mengoptimalkan Penyerapan Energi Matahari Pada Solar Cell, *Skripsi*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- [3] Hardianto, H, E, dan , Rinaldi, R, S. 2012. Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Ilmiah Foristek* 2(2) : 3-8.
- [4] Muharmen, R. 2012. Pengaturan Pergerakan Solar Cell Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari (Solar Cell, Sensor, Rx), *Skripsi*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Caltex Riau.
- [5] Widodo, D, A, Suryono, Tantyantoro, dan Tugino. 2009. Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas, *Skripsi*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.
- [6] Simatupang, S, Susilo, B, Hermanto, M, B. 2013. Rancang Bangun dan Uji Coba Solar Tracker Pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler ATmega16. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 1(1) : 55-59.
- [7] Yuliananda, S, Sarya, G, dan Hastijanti, R. 2015. Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya* 1 (2): 193-202.