

# Sistem Monitoring Solar Charge Controller Menggunakan Raspberry Pi 3 Secara Mobile

Aldo Kris Barlianto  
Program Studi Informatika,  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya 60236, Indonesia  
Telp. (031) - 2983455  
aldo.kris.98@gmail.com

Djoni Haryadi Setiabudi  
Program Studi Informatika,  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya 60236, Indonesia  
Telp. (031) – 2983455  
djonih@petra.ac.id

Resmana Lim  
Program Studi Teknik Elektro,  
Universitas Kristen Petra  
Jl. Siwalankerto 121-131  
Surabaya 60236, Indonesia  
Telp. (031) – 2983455  
resmana@petra.ac.id

## ABSTRAK

Pemantauan pengisian sumber daya menggunakan panel surya sangat penting dilakukan untuk mengetahui proses pengisian sumber daya. Pada penelitian yang sebelumnya sudah dilakukan penelitian mengenai proses *monitoring*, namun proses *monitoring*-nya masih bergantung pada *software* lain, dan tentu masih terbatas tidak bisa dilakukan pemantauan secara *mobile*. Pada skripsi ini akan dilakukan pemantauan perangkat *solar charge controller* (scc) dimana *user* tidak lagi bergantung pada aplikasi / *software* tambahan dan juga dapat dilakukan secara *mobile* baik lewat PC / *smartphone*. Dalam perangkat *solar charge controller* sendiri terdapat *software* bawaan dari pabrik guna untuk proses *monitoring* data, namun penggunaan aplikasi ini sangat terbatas pada sistem perkabelan dan tentunya proses *monitoring* tidak dapat dilaksanakan secara *mobile*. Penelitian ini bertujuan untuk dapat melakukan proses *monitoring* secara *mobile* menggunakan *Raspberry Pi*, dimana pengguna tidak lagi terbatas dengan kabel dan *monitoring* dapat dilakukan dalam satu aplikasi berbasis *mobile web application*, sehingga pengguna juga dapat melakukan proses *monitoring* dari *website* secara *desktop* dan juga melalui perangkat *smartphone*. Melalui hasil pengujian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses *monitoring* dapat dilakukan secara *online* menggunakan bantuan perangkat *Raspberry Pi* dan *modbus rs485* dalam aplikasi *mobile web application*. Parameter daya yang diambil aplikasi adalah: *solar voltage*, *solar current*, *battery voltage*, *charge current*, dan *load power*. Aplikasi juga mampu menjalankan / melakukan pemantauan beberapa perangkat yang ada, atau lebih dari satu perangkat dalam satu aplikasi. Dalam pengujian penelitian ini menggunakan 1 perangkat scc dan untuk perangkat lainnya menggunakan *virtual device*. Hasil persentase *error* dari pengukuran *monitoring* perangkat adalah pembacaan data parameter *voltasi solar voltage* memiliki tingkat akurasi 99,26% dengan rata – rata selisihnya 0,1 V, *solar current* memiliki tingkat akurasi 95,6% dengan rata – rata selisihnya 0,03, dan *battery voltage* memiliki akurasi 96,31 dengan rata – rata selisihnya 0,18V.

**Kata Kunci:** Pemantauan panel surya, *mobile web application*, *mobile*, *Raspberry Pi*, modul rs485

## ABSTRACT

*In monitoring the charging of power source using solar panels, it is very important to find out the process of charging resources. Research about monitoring process has been carried out previously, but the monitoring process still depends on other software, and it cannot be done by mobile. In this research, the monitoring of solar charge*

*controller will be carried out where user is no longer depends on additional applications / software and also can be done via PC / smartphone.*

*The solar charge controller itself comes with a factory default software for data monitoring, but the usage of the application is very limited to the wiring system and also the monitoring process cannot be carried out by mobile. This research aims to be able to carry out the monitoring process by mobile using Raspberry Pi, so that users are no longer limited by wiring system and monitoring can be done in application which based on mobile web application, so that users can find out the monitoring process from a website on a desktop and also via smartphone.*

*Through several test that has been held, it can be concluded that monitoring process can be done online using Raspberry Pi and modbus rs485 devices in mobile web application. The power parameters taken by the application are solar voltage, solar current, battery voltage, charge current, and load power. The application is also able to run / monitor several existing devices or more than one device in one application. During testing process, it is using 1 scc device and for other devices using a virtual device. The result of the percentage error from the measurement of the monitoring device is the reading of the solar voltage parameter data has an accuracy rate of 99.26% with an average 0.1 V selection, solar current has an accuracy rate of 95.6% with an average difference of 0.03, and the battery voltage has an accuracy 96.31 with an average difference of 0.18V.*

**Keywords:** *Solar panel monitoring, mobile web application, mobile, Raspberry Pi, rs485 module.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan era globalisasi saat ini sangat bergantung pada penggunaan daya / energi listrik, dimana penggunaan energi ini setiap harinya terus meningkat. Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia dalam menjalani aktivitas sehari-hari. Hal ini membuat kebutuhan akan energi listrik juga semakin membesar.

Sumber pembangkit listrik pada umumnya menggunakan bahan bakar fosil sebagai sumber dayanya, sebagai contoh Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton yang

berada di Probolinggo, Jawa Timur, Indonesia. PLTU sendiri merupakan penghasil listrik yang berasal dari batu bara. Batu bara merupakan batuan organik berwarna gelap yang terbentuk dari jasad tumbuh – tumbuhan [6]. Bahan bakar tersebut tentunya memiliki batasan ketersediaan dan pada kurun waktu tertentu bahan bakar fosil tersebut pasti akan habis [12]. Penggunaan listrik yang semakin hari semakin meningkat dan ketersediaan sumber daya yang semakin menipis tentunya dapat menimbulkan dampak yang tidak baik di masa yang akan mendatang.

Suatu teknologi alternatif penyedia energi listrik adalah dengan memanfaatkan tenaga matahari yang tidak akan habis [13]. Teknologi ini memanfaatkan panel surya untuk menghasilkan tenaga listrik. Panel surya biasa disebut dengan sel *photovoltaic* (PV). *Photovoltaic* dapat diartikan sebagai proses yang dapat menghasilkan energi listrik dari energi *photon* yang terdapat pada cahaya matahari dengan bantuan sel surya [13]. PV / sel surya ini sangat dipengaruhi oleh *site specific* yang berarti lokasi dimana PV / sel surya dipasang, kemudian juga dipengaruhi oleh fenomena statistik dan kondisi klimatologi daerah setempat (suhu lingkungan dan radiasi matahari) selain kondisi tersebut juga dipengaruhi oleh komponen listriknya, seperti *short circuit current*, *open circuit voltage*, suhu pada sel PV dan sebagainya [9].

*Solar charge controller* (SCC) sangat bergantung pada sistem *photovoltaic* (PV) karena sistem PV ini juga merupakan cara langsung untuk mendapatkan energi cahaya matahari atau radiasi matahari yang kemudian dijadikan energi listrik. Cara kerja sistem PV ini menggunakan prinsip efek *photovoltaic*.

Pada penggunaan alat *solar charge controller* sendiri sudah ada *software* bawaan dari pabrik yang dapat digunakan sebagai alat *monitoring*, namun untuk penggunaannya tidak dapat dimonitor secara jarak jauh, sistemnya masih bergantung pada jarak kabel yang digunakan untuk komunikasi / transfer data antara alat dengan komputer. Proses pengisian daya sangat perlu dimonitor berapa daya pengisian, tegangan, energi dan arus yang masuk. Oleh karena itu pada penelitian ini akan membuat suatu desain sistem dengan menggunakan aplikasi berbasis *mobile web application*, dimana alat *solar charge controller* ini dapat dimonitor secara jarak jauh dengan menggunakan media internet. *Mobile web application* sendiri merupakan aplikasi yang dirancang untuk perangkat seluler yang hanya memerlukan *web browser* untuk dapat digunakan pada *device mobile* [3].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Solar Charge Controller

*Solar charge controller* merupakan komponen dalam suatu pembangkit listrik. Alat ini pada dasarnya memiliki fungsi untuk pengontrolan pengisian baterai, dan pemutusan pengisian baterai ke beban jika baterai sudah mulai kosong.

Pada dasarnya menurut *website* Panel Surya Indonesia [5], ada 2 jenis teknologi yang digunakan pada alat *solar charge controller* yaitu :

- PWM (*Pulse Width Modulation*), teknologi PWM menggunakan lebar dari *pulse on* dan *off electrical* yang menimbulkan suatu gelombang *electrical form*.
- MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), merupakan teknologi yang lebih efisien dikarenakan teknologi ini dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai , dan apabila daya yang dibutuhkan baterai lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV (*Photovoltaic*), maka daya akan dapat diambil dari baterai.

Alat *solar charge controller* yang akan digunakan dalam penelitian ini berjenis MPPT dengan kapasitas tegangan 40A.

### 2.2 Panel Surya

Panel surya merupakan teknologi masa kini yang mampu mengubah atau mengkonversi energi yang dihasilkan dari sinar matahari menjadi suatu energi listrik. Pada saat ini, terutama di Indonesia, teknologi ini sudah sangat banyak digunakan. Yang bisa dilihat secara langsung adalah penggunaan lampu Penerangan Jalan Umum (PJU), dan juga lampu rambu – rambu lalu lintas. Teknologi ini juga sudah diterapkan di beberapa sektor industri untuk dapat lebih menghemat pemakaian energi listrik dan juga lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan teknologi pembuatannya, panel surya dibagi ke dalam 3 jenis yaitu : *monocrystalline*, *polycrystalline*, dan *Thin Film Solar Cell* (TFSC).

*Monocrystalline* merupakan batangan kristal silikon murni yang diiris secara tipis, jenis *mono* ini memiliki tingkat keefisienan paling tinggi diantara sel lainnya. *Polycrystalline* terbuat dari batangan kristal silikon yang dilebur / dicairkan dan kemudian dicetak, jenis ini memiliki tingkat efisiensi lebih rendah dibandingkan *mono*, tetapi jenis ini adalah jenis yang paling banyak digunakan saat ini. Untuk *Thin Film Solar Cell* merupakan sel surya yang diproduksi dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan sel surya tipis, biasanya teknologi ini diterapkan di kalkulator / jam tangan. [10].

Penelitian ini menggunakan panel surya tipe *polycrystalline*. Panel surya akan bekerja lebih efisien pada sudut kurang lebih 16° pada pukul 09.00 pagi. Karena pada sudut dan waktu ini, panel surya dapat bekerja lebih efisien dalam menerima sumber energi dari sinar matahari [1].

### 2.3 Raspberry Pi 3

*Raspberry Pi* merupakan sebuah perangkat *hardware* yang berukuran kecil. Perangkat ini dapat diinstal beberapa program-program yang biasanya dapat dijalankan pada perangkat komputer (PC) pada umumnya. *Raspberry Pi* ini bisa disebut sebagai *portable mini computer* dikarenakan kemampuannya yang mirip seperti komputer dan ukuran perangkatnya yang tergolong kecil dan praktis, hanya sebesar ukuran kartu ATM [11].

Perangkat *Raspberry* ini terbagi atas 2 jenis yaitu model A dan Model B. Pada Gambar 3. merupakan bentuk fisik dari *Raspberry Pi* 3 model B yang dimana juga akan digunakan dalam penelitian ini.

### 2.4 MySQL Connector dan pymodbus

Perangkat yang digunakan adalah berupa *modbus* rs485, memiliki protokol tersendiri yaitu *pymodbus*. *Pymodbus* ini adalah *full modbus protocol* yang biasa digunakan untuk

komunikasi antara perangkat untuk pengiriman data yang diimplementasikan menggunakan *twisted*, *asyncio*, *tornado* [8]. Protokol ini juga dapat berjalan dalam bahasa pemrograman *python*.

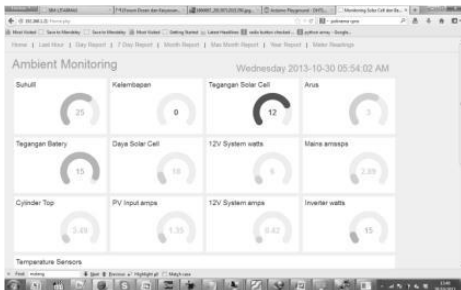
Selain itu pada skripsi ini juga menggunakan *MySQL connector* yang merupakan *library* yang digunakan untuk melakukan jembatan komunikasi antar perangkat dengan *database MySQL* menggunakan API *Open Database Connectivity / ODBC* [4]. Sehingga secara singkat rs485 dan *pymodbus* adalah penghubung data secara fisik (kabel ke perangkat). Dan *MySQL connector* sendiri adalah penghubung data yang sudah didapat dari rs485 dengan *pymodbus* ke *database* server melalui jaringan internet.

## 2.5 Tinjauan Studi

### 2.5.1 Perancangan Sistem Monitoring Battery Solar Cell pada Lampu PJU berbasis Web [7].

Masalah yang diangkat penulis adalah kekurangan dari penggunaan *solar cell*, di antara lain adalah masa pakai baterai yang terbatas, dimana baterai dipakai terus menerus dan tidak diketahui bagaimana daya baterai tersebut masih ada / sudah kosong. Dan juga penggunaan baterai dengan arus *continuous* yang terlalu besar.

Hasil dari penelitian tersebut adalah pembuatan sistem *monitoring* yang menghasilkan data dari pengisian arus daya dan baterai itu sendiri. Kemudian dianalisis arus yang mengalir sehingga dapat dilakukan *management* daya baterai agar umur dari baterai lebih awet. Pada gambar 4 adalah tampilan *user interface* dari *website monitoring* yang dibuat, tampilan yang dibuat digambarkan oleh grafik, yang dimana setiap grafik menampung data-data tertentu.



Gambar 4. Tampilan website hasil penelitian Pratama, 2014

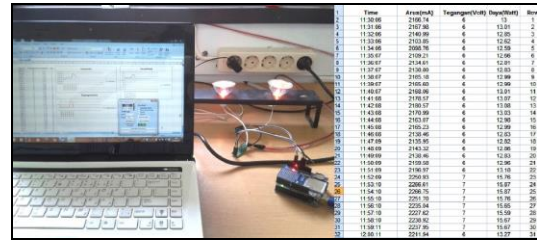
Perbedaan penelitian dari pembuatan skripsi ini adalah adanya fitur notifikasi pada aplikasi *mobile web* berupa *email* ke *user* pada saat proses *user* melakukan *switch on / off* pada perangkat.

### 2.5.2 Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time [2]

Masalah yang ada pada jurnal ini adalah saat proses pengisian daya dari panel surya terdapat beberapa data parameter – parameter keluaran panel surya. Data parameter ini berupa *text file* dengan suatu format tertentu dan tidak bisa didapat secara *real-time*. Pada proses pengisian daya, jika data parameter dapat diperoleh secara *real-time* tentu *user* dapat mengatur sendiri pemakaian

energi dan beban energi listrik yang masuk ke sumber daya. Maka dari itu penulis membuat suatu sistem dimana dapat memonitor proses pengisian daya dengan membaca data parameter yang masuk.

Hasil dari penelitian dari jurnal ini adalah pembuatan desain sistem *monitoring* pengisian daya menggunakan data akuisisi *PLX-DAQ (Parallax Data Acquisition tool)*. *PLX-DAQ* ini merupakan suatu *software add-on* yang ada di *microsoft excel*. Penulis menggunakan *tools* ini untuk mendapatkan data parameter secara *real-time* dengan *output* data berupa *text-file excel*. Dengan *add-on* ini *user* dapat memperoleh data parameter dan grafik pengukuran secara *real-time*.



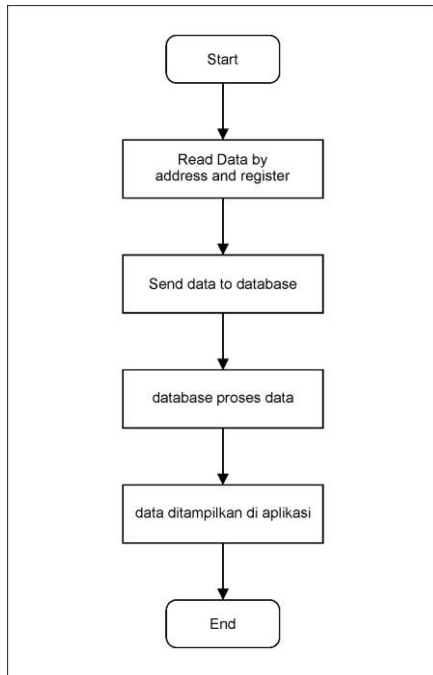
panel surya dihubungkan ke alat *solar charge controller* sebagai media penampung energi sinar matahari, dan untuk sumber dayanya menggunakan aki berkapasitas 12v. Pada penelitian juga digambarkan adanya *virtual device* guna mengetahui kemampuan aplikasi dalam menampung beberapa perangkat *solar charge controller* secara *virtual*. Nantinya data yang didapat dari *virtual device* ini juga berupa data yang sudah diatur sebelumnya, sehingga aplikasi dapat menerima data yang sudah ada secara *virtual*

### 3.2 Desain Software

Desain terbagi menjadi 3 yaitu: Admin, User, dan proses *Monitoring*. Untuk masing – masing penjabarannya akan digambarkan dalam bentuk *flowchart*.

#### 3.2.1 Flowchart Pengiriman Data

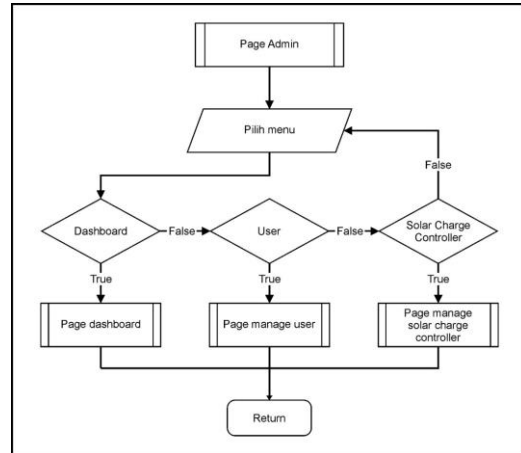
Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana cara aplikasi menerima data dari perangkat *solar charge controller*. Pada Gambar 7 digambarkan perangkat akan menerima data dan kemudian dikirimkan ke aplikasi.



Gambar 7. Flowchart pengiriman data

Data parameter yang diambil adalah voltase panel (*volt*), arus panel (*ampere*), voltase baterai (*volt*), *load power*, dan kilowatt. Pada perangkat *solar charge controller* masing-masing memiliki nilai register dan *address* yang berbeda. Setelah register dan *address* sesuai dengan parameter yang diinginkan, maka selanjutnya nilai dari parameter data akan dikirim melalui media internet ke *database server*. Dari *database* data akan dikumpulkan dan kemudian dikirimkan ke aplikasi.

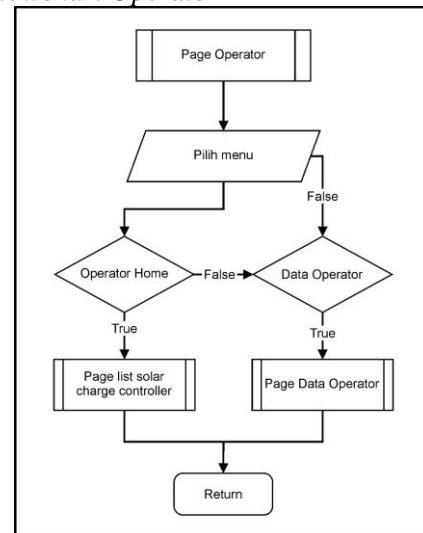
#### 3.2.2 Flowchart Admin



Gambar 10. Main flowchart admin

*Flowchart* pada Gambar 10. merupakan diagram utama untuk *user* dengan *role* sebagai admin, dimana ada menu-menu khusus untuk dapat melakukan *manage* data baik data *user* admin / operator dan juga *manage* data dari *device solar charge controller*. *Role* admin memiliki seluruh hak akses pada aplikasi ini diantaranya selain proses *monitoring* itu sendiri, admin juga dapat melakukan *manage* data untuk *user* dan juga perangkat *solar charge controller*. Untuk prosesnya sendiri, setelah melakukan *login* di halaman *login*, kemudian sistem melakukan pengecekan apakah *role* dari *user* tersebut admin atau bukan. Setelah berhasil *login* sebagai admin, maka sistem akan menampilkan halaman *dashboard* admin / *page* admin dimana pada awal di halaman ini, sistem akan menampilkan menu-menu untuk admin yang sebelumnya sudah digambarkan di Gambar 10. *Main flowchart admin*. Terdapat 3 menu yaitu *dashboard*, *user*, dan *solar charge controller*.

#### 3.2.3 Flowchart Operator



Gambar 11. Main flowchart operator

Untuk *flowchart* pada Gambar 11. ini merupakan diagram utama untuk *user* dengan *role* sebagai operator, untuk *role* operator hanya memiliki akses terbatas yaitu untuk *monitoring* perangkat dan juga melihat data operator. *Role* operator memiliki hak akses yang cukup terbatas, *user* dengan *role* operator hanya bisa melakukan *monitoring* perangkat sesuai dengan *id* masing masing (tidak semua perangkat) dan juga melihat data operator itu sendiri.

## 4. IMPLEMENTASI SISTEM

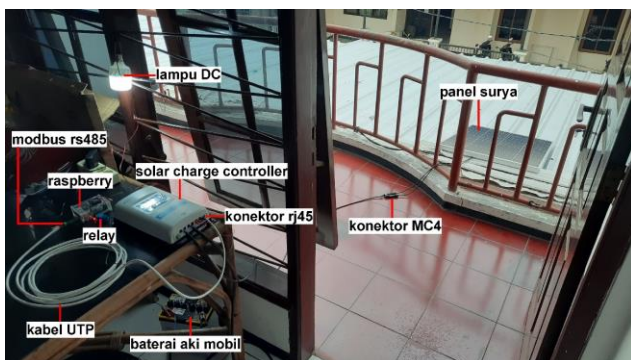
### 4.1 Instalasi Hardware

Bagian bagian ini akan menjelaskan pemasangan pada *hardware* mulai dari *instalasi* modul rs485, pemasangan *modbus* dari *solar charge controller* ke *Raspberry Pi*, pemasangan sumber daya, dan juga pemasangan panel surya.

Alat yang dibutuhkan untuk *instalasi* modul rs485 adalah : *modbus* rs485, kabel UTP, dan konektor rj45. Langkah awal digambarkan pada Gambar 12, dimana kabel UTP dan konektor rj45 disusun secara *straight*, ini dikarenakan ujung lain dari kabel LAN nantinya akan disambungkan ke *modbus* RS485.

Untuk pemasangan *modbus* rs485 dapat dilihat pada Gambar 13. *modbus* rs485 memiliki 2 pin yaitu A/D+ dan B/D-. Untuk pin A dihubungkan dengan kabel UTP berwarna hijau sedangkan untuk pin B dihubungkan dengan kabel UTP berwarna biru. Fungsi dari kabel berwarna biru dan hijau ini sendiri untuk penghantar pengiriman data.

Semua dirangkai menjadi satu ke perangkat *solar charge controller* yang ada pada Gambar 16, masing-masing *input* memiliki keterangan untuk arus positif (+) / negatif(-). Di Gambar 16 bagian ujung paling kanan pada gambar merupakan *port* untuk konektor rj45 (*modbus* rs485).



Gambar 19. Implementasi secara keseluruhan

Gambar 19 merupakan gambaran keseluruhan *hardware* yang sudah dirangkai menjadi satu dari panel surya, *solar charge controller*, sumber daya, lampu, *modbus*, dan juga *Raspberry Pi* dengan *relay*.

## 5. PENGUJIAN SISTEM

### 5.1 Pengujian Aplikasi dengan Avometer

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang dikirimkan dari *solar charge controller* apakah sesuai, pengujian

dilakukan dengan menggunakan alat *avometer*, dalam proses pengujian pembacaan data, masing masing diambil 10 sampel data pada waktu yang berbeda. Dari 10 sampel data yang diambil kemudian akan dihitung nilai rata – rata dari selisih dan juga persentase error dari nilai yang ada. Dalam penghitungan persentase keakuratan data menggunakan rumus :

$$\%error = \frac{|approx - exact|}{exact} \times 100$$

Rumus ini adalah pengukuran persentase error, maksudnya adalah berapa persen error kesalahan data dari angka yang ada pada aplikasi dibandingkan dengan angka yang didapat dari pengukuran menggunakan *avometer*. *Approx* adalah nilai yang didapat dari aplikasi, dan untuk *exact* adalah nilai yang didapat dari *avometer*.

#### 5.1.1 Solar Voltage

Tabel 1. Sampel Pengujian Avometer Untuk Nilai pada Sumber Daya Baterai

No	Angka Aplikasi	Angka Pada Avometer	Selisih	%error
1	13,42 V	13,28 V	0,14 V	1,05%
2	13,94 V	13,80 V	0,14 V	1,01%
3	14,31 V	14,19 V	0,12 V	0,85%
4	12,82 V	12,77 V	0,05 V	0,39%
5	12,44 V	12,36 V	0,08 V	0,65%
6	14,37 V	14,30 V	0,07 V	0,49%
7	13,62 V	13,50 V	0,12 V	0,89%
8	12,90 V	12,82 V	0,08 V	0,62%
9	13,34 V	13,24 V	0,10 V	0,76%
10	14,36 V	14,26 V	0,10 V	0,70%
Rata - rata			0,10 V	0,74%

Terlihat dari Tabel 1. diambil sampel 10 data untuk nilai yang didapat pada aplikasi dan juga pengukuran manual menggunakan *avometer* menghasilkan nilai persentase error untuk selisih pembacaan data antara aplikasi dengan *avometer* adalah 0,74% dimana nilai selisihnya adalah 0,1 V.

#### 4.1.1. Solar Current

Tabel 2. Sampel Pengujian Avometer Untuk Nilai Ampere pada Panel Surya

No	Angka Pada Aplikasi	Angka Pada Avometer	Selisih	%error
1	0,54 A	0,50 A	0,04 A	8,00%
2	1,32 A	1,38 A	0,06 A	4,35%
3	0,38 A	0,40 A	0,02 A	5,00%
4	0,05 A	0,05 A	0,00 A	0,00%
5	0,25 A	0,24 A	0,01 A	4,17%
6	0,03 A	0,03 A	0,00 A	0,00%
7	0,99 A	0,90 A	0,09 A	10,00%
8	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00%
9	0,71 A	0,69 A	0,02 A	2,90%
10	0,66 A	0,60 A	0,06 A	10,00%
Rata - rata			0,03 A	4,44 %

Terlihat dari tabel 2. diambil sampel 10 data untuk nilai yang didapat pada aplikasi dan juga pengukuran manual menggunakan *avometer* menghasilkan nilai persentase *error* untuk selisih pembacaan data antara aplikasi dengan *avometer* adalah 4,44% dimana nilai selisihnya adalah 0,03 V.



#### 4.1.2. Battery Voltage

**Tabel 3. Sampel Pengujian Avometer Untuk Nilai pada Panel Surya**

No	Angka Pada Aplikasi	Angka Pada Avometer	Selisih	%eror
1	17,43 V	17,20 V	0,23 V	1,34%
2	14,85 V	14,66 V	0,19 V	1,30%
3	19,17 V	18,90 V	0,27 V	1,43%
4	0,11 V	0,15 V	0,04 V	26,67%
5	13,61 V	13,45 V	0,16 V	1,19%
6	19,76 V	19,55 V	0,21 V	1,07%
7	19,92 V	19,57 V	0,35 V	1,79%
8	13,69 V	13,56 V	0,13 V	0,96%
9	17,00 V	17,00 V	0 V	0,00%
10	19,31 V	19,09 V	0,22 V	1,15%
<b>Rata - rata</b>			<b>0,18 V</b>	<b>3,69%</b>

Terlihat dari tabel 3 diambil sampel 10 data untuk nilai yang didapat pada aplikasi dan juga pengukuran manual menggunakan *avometer* menghasilkan nilai persentase *eror* untuk selisih pembacaan data antara aplikasi dengan *avometer* adalah 3,69% dimana nilai selisihnya adalah 0,18 V.

### 5.2 Pengujian Kecepatan

Berikut diambil 10 sampel data untuk mengetahui apakah perangkat sudah mengambil data sesuai dengan pengaturan yang diberikan oleh *user*. Pengambilan sampel dilakukan dengan durasi pengambilan data 60s atau per menit dan pengambilan data dilakukan dalam 3 kondisi berbeda yaitu Tabel 4 dengan 1 perangkat aktif, Tabel 5 dua perangkat aktif (1 *real device* + 1 *virtual device*), dan Tabel 6 tiga perangkat aktif (1 *real device* + 2 *virtual device*). Pengambilan sampel data diambil dari *real device*. Tabel pengukuran ini akan berisi *timestamp* dan selisih waktu tiap pengambilan datanya. *Timestamp* sendiri merupakan waktu dimana tiap nilai dari data parameter diambil dan diterima oleh *database*. Sampel dari masing masing *timestamp* diambil secara berurutan dari waktu awal pengambilan sampel. Selisih waktu yang ada di tabel bertujuan untuk mengetahui apakah pengambilan data yang diterima sudah sesuai dengan pengaturan yang diatur oleh *user*.

**Tabel 6. Timestamp pengambilan data dengan 3 perangkat aktif**

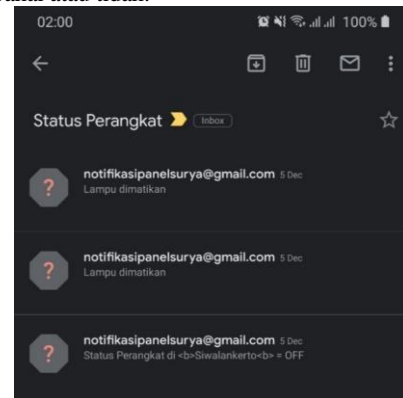
Perangkat 1 ( <i>real device</i> ) - Durasi : 60 detik		
No	Timestamp	selisih
1	2020-12-16 06:40:18	60s
2	2020-12-16 06:41:18	61s
3	2020-12-16 06:42:19	60s
4	2020-12-16 06:43:19	60s
5	2020-12-16 06:44:19	61s
6	2020-12-16 06:45:20	60s
7	2020-12-16 06:46:20	60s
8	2020-12-16 06:47:20	61s
9	2020-12-16 06:48:21	60s
10	2020-12-16 06:49:21	60s
<b>Rata - rata</b>		<b>60,3s</b>
Perangkat 2 ( <i>virtual device</i> ) - Durasi : 60 detik		
No	Timestamp	selisih
1	2020-12-16 06:40:06	60s

2	2020-12-16 06:41:07	60s
3	2020-12-16 06:42:07	60s
4	2020-12-16 06:43:07	60s
5	2020-12-16 06:44:07	61s
6	2020-12-16 06:45:08	60s
7	2020-12-16 06:46:08	60s
8	2020-12-16 06:47:08	60s
9	2020-12-16 06:48:08	60s
10	2020-12-16 06:49:08	60s
<b>Rata - rata</b>		<b>60,2s</b>
Perangkat 3 ( <i>virtual device</i> ) - Durasi : 60 detik		
No	Timestamp	selisih
1	2020-12-16 06:40:06	60s
2	2020-12-16 06:41:06	60s
3	2020-12-16 06:42:06	60s
4	2020-12-16 06:43:06	61s
5	2020-12-16 06:44:07	60s
6	2020-12-16 06:45:07	60s
7	2020-12-16 06:46:07	60s
8	2020-12-16 06:47:07	61s
9	2020-12-16 06:48:08	60s
10	2020-12-16 06:49:08	60s
<b>Rata - rata</b>		<b>60,2s</b>

Dari pengambilan sampel data dapat diketahui bahwa aplikasi dalam menjalankan 3 perangkat aktif pengambilan data monitoring, durasi pengambilannya tidak terpengaruh, namun terkadang memiliki *delay* pengambilan data selama 1s / 1 detik. Namun untuk pengambilan datanya sendiri tidak terpengaruh dari jumlah perangkat yang sedang berjalan, baik 1 perangkat / lebih dari 1 perangkat.

### 5.3 Pengujian Notifikasi

Gambar 24 merupakan hasil *email* dari aplikasi ke *user* saat *user* melakukan *switch relay* pada aplikasi. *User* akan menerima notifikasi dari sistem saat *relay* dalam kondisi *on* / *off*. Ini berfungsi agar *user* dapat mengetahui kondisi daya yang ada apakah terpakai atau tidak.



**Gambar 24. Uji coba notifikasi email ke user**

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian sistem yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan antara lain :

- Proses tampilan *monitoring* dapat berjalan dengan baik pada tampilan komputer (PC) / *mobile (smartphone)*.

- Aplikasi ini berbasis *mobile web application*, sehingga pengguna dapat mengakses secara *mobile* pada perangkat berbasis android.
- Aplikasi mampu meng-*handle* lebih dari 1 perangkat *solar charge controller*, sehingga pengguna yang ingin melakukan *monitoring* tidak perlu lagi terbatas oleh kabel dan juga perangkat (PC) tambahan dalam melakukan *monitoring* di perangkat *solar charge controller* yang berbeda. Dalam pengujian menggunakan 2 perangkat berbeda, untuk perangkat ke 1 menggunakan 1 perangkat *real* berupa 1 *Raspberry Pi*, 1 scc, 1 panel dan 1 sumber daya. Sedangkan perangkat ke 2 menggunakan perangkat secara virtual menggunakan bantuan *software VMware* yang menjalankan OS ubuntu, dan data parameternya menggunakan *random* angka dengan *range* yang sesuai dengan masing masing parameter.
- Pembacaan data parameter *voltasi solar voltage* memiliki tingkat akurasi 99,26% dengan rata – rata selisihnya 0,1 V, *solar current* memiliki tingkat akurasi 95,6% dengan rata – rata selisihnya 0,03, dan *battery voltage* memiliki akurasi 96,31 dengan rata – rata selisihnya 0,18V.
- Pengaturan kecepatan data yang dikirimkan dapat diatur oleh *user* sesuai *setting* yang diatur, dan aplikasi mampu menampilkan data sesuai dengan pengaturan yang diberikan oleh *user*, namun terkadang ada selisih waktu *delay* sebesar 1s / 1 detik.
- Aplikasi dapat melakukan kontrol *on / off* pada perangkat melalui *mobile web application* dan sistem juga melakukan pemberitahuan ke *user* berupa *email*, ketika *user* lain melakukan *switch on / off* guna untuk mengetahui apakah daya terpakai atau tidak.

## 6.2 Saran

Saran yang diberikan penulis untuk melakukan penyempurnaan dan juga pengembangan lebih lanjut, antara lain :

- Selain *email notification* dapat dikembangkan untuk penambahan fitur *push notification website*.
- Tambahkan fitur lokasi perangkat yang terintegrasi dengan *google maps*, agar memudahkan *user* mengetahui dimana posisi letak pasti perangkat berada.
- Bisa menambahkan modul sensor / perangkat tertentu untuk dapat lebih menunjang proses *monitoring* perangkat.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anoi, Y. H., Yani, A., & W. Yunanri. 2019. Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. *TURBO*, 8(2), 177-182. <http://dx.doi.org/10.24127/trb.v8i2.1051>
- [2] Fachri, M. R., Sara, I. D., & Away, Y. 2015. Pemantauan parameter panel surya berbasis Arduino secara real time. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(4), 123-128. <http://doi.org/10.17529/jre.v11i3.2356>
- [3] Gartner, Inc. (n.d.). *Mobile web application*. Retrieved June 2, 2020 from <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/mobile-web-applications>
- [4] Oracle Corporation. (n.d.). *Chapter 1 introduction to MySQL connector/ODBC*. Retrieved December 20, 2020 from <https://dev.mysql.com/doc/connector-odbc/en/connector-odbc-introduction.html>
- [5] Panel Surya Indonesia. (n.d.). *Solar charge controller*. Retrieved June 3, 2020 from <http://panelsuryaindonesia.com/peralatan-panel-surya/35-solar-charge-controller>
- [6] Pasymi. 2008. *Batubara* (Jilid 1). Padang: Bung Hatta University Press.
- [7] Pratama, R. P. 2014. Perancangan sistem monitoring battery solar cell pada lampu PJU berbasis web. *Jurnal ELTEK*, 12(1), 50-63.
- [8] Python Software Foundation. (n.d.). *Project Description*. Retrieved December 20, 2020, from <https://pypi.org/project/pymodbus/>
- [9] Rohmana, R.A, Nugroho, G., & Budiono, C. 2016. Analisa pemfomansi dan monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) pada pembangkit listrik tenaga surya di Tuban Jawa Timur. *Jurnal Teknik Pomits*, 1-8.
- [10] Safitri, N., Rihayat, T., & Riskina, S. 2019. Teknologi photovoltaic. Buketrata : YayasanPuga Aceh Riset
- [11] Suharyanto, C. E., & Gopama, V. 2019. Pemanfaatan mini komputer raspberry sebagai network monitoring tool portable. *JURNAL ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI KOMPUTER*, 5(1), 133-138.
- [12] Suseno, T., & Haryadi, H. 2013. Analisis kebijakan pengendalian produksi batubara nasional dalam rangka menjamin kebutuhan energi nasional. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 9(1), 23-24.
- [13] Wibawa, U., & Darmawan, A. 2008. Penerapan sistem photovoltaik sebagai suplai daya listrik beban pertanian. *Jurnal EECCIS*, 2(1), 26-37.