

## ALAT PEMANTAU DAN PENGENDALI SISTEM PENYIMPANAN ENERGI PADA SOLAR PANEL

Pandyapratita Putra, Andrew Joewono\*, Rasional Sitepu, Lanny Agustine, Widya Andyardja  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya  
Jl. Kalijudan no 37 Surabaya 60114, Indonesia  
\*Email : Andrew\_sby@yahoo.com

### ABSTRAK

*Dewasa ini, sistem pembangkit listrik yang sedang tren adalah pembangkitan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang dimiliki oleh Negara Indonesia adalah pembangkit listrik tenaga surya. Untuk membuat sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya, diperlukan seperangkat alat-alat seperti solar panel, inverter dan accu. Accu dalam pembangkit listrik tenaga surya merupakan komponen yang berbahaya karena memiliki kapasitas arus yang besar. Arus yang besar dapat mengakibatkan banyak kerugian. Salah satu kerugian yang timbul adalah kerusakan beban atau bahkan bahaya kebakaran. Bahaya-bahaya tersebut dapat ditekan apabila sistem tersebut dilengkapi dengan sistem pengaman berupa Alat Pemutus Penghubung (APP). Namun keterbatasan wilayah yang membuat sistem pengaman tersebut hanya dapat dikendalikan jarak dekat. Dengan adanya alat ini, sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat diproteksi dari kerusakan karena energi yang lebih. Alat ini juga dapat memantau arus dan tegangan accu, solar panel, dan beban. Alat ini juga merupakan sebuah pengendali on-off jarak jauh. Alat ini terkoneksi dengan internet yang dapat dijangkau oleh pengguna dari wilayah besar selama pengguna juga terhubung pada internet. Alat ini diintegrasikan dengan sistem PLTS (Pembangkit Listrik tenaga Surya) yang telah ada pada Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya dengan Sistem Elektrik-Hybrid Untuk Filter Air Tanah (Joewono, Andrew; Sitepu, Rasional. 2016). Alat ini dapat memantau parameter diatas dengan hasil yang didapatkan adalah tegangan solar panel antara 0-38 V, tegangan accu 22-28 V, tegangan beban 220 V, arus solar panel 0-4 A, arus accu 0-38 A, dan arus beban 0-3 A. sebagai Fungsi pengendalian sudah dilakukan dengan metode saklar virtual pada aplikasi android yang terhubung pada relay untuk menyalakan atau mematikan beban.*

**Kata kunci:** *Monitoring dan Pengendali, energi, accu, arus, PLTS*

### I. Pendahuluan

Solar panel adalah sebuah alat yang mengonversi besaran fisika menjadi besaran listrik. Solar panel mengubah cahaya menjadi listrik searah (DC). Dalam penerapannya sebagai sebuah pembangkit listrik, sebuah solar panel terhubung pada sebuah *solar charge controller*. *Solar charge controller* adalah alat untuk mengatur tegangan dan arus yang akan mengisi media penyimpanan arus listrik. Media penyimpanan arus listrik yang paling optimal digunakan adalah akumulator atau *accu*. *Accu* mengalirkan arus ke beban tergantung dari kapasitas *accu* tersebut. Sebagai sebuah pembangkit listrik yang akan digunakan mencatu beban besar, maka arus yang mengalir dari *accu*, nilainya sangat besar. Besarnya nilai arus yang mengalir akan menimbulkan banyak risiko kelistrikan.

Pada Sistem Elektrik-Hybrid Untuk Filter Air Tanah (Joewono, Andrew; Sitepu, Rasional 2016)[1] sudah dilakukan proses penyimpanan energi pada dua buah *accu* yang terhubung paralel, namun belum dilakukan pemantauan

arus keluar dari *accu*, sehingga bila pada *accu* tersebut mengeluarkan arus berlebih dan tidak terkontrol, maka alat akan mengalami kerusakan.

Oleh karena itu dibuat sebuah alat pemantauan dan pengendalian sistem penyimpanan energi solar panel dengan demikian bila terjadi kelebihan arus, maka alat akan secara otomatis terputus dari sumber listrik dan pengguna dapat menyalakan kembali dengan mengakses aplikasi pada android

### II. Tinjauan Pustaka

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek *Photo Voltaic*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada saat ini silikon merupakan

bahan yang banyak digunakan untuk pembuatan sel surya.



**Gambar 1.** Solar Sel *PhotoVoltaic*

Salah satu pemanfaatan sel surya adalah sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS adalah peralatan pembangkit listrik yang merubah cahaya matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut Solar Sel, atau *Photo Voltaic*, atau Solar Energi. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik *direct current* (DC) yang dapat diubah menjadi listrik *alternating current* (AC) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan *Hybrid* (dikombinasikan dengan sumber energi lain, seperti PLTS-genset, PLTS-*microhydro*, PLTS-bayu), baik dengan metoda Desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metoda Sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel)[2].

Baterai merupakan komponen penting pada pembangkitan yang menggunakan sumber energi terbarukan (energi surya). Sehingga pemilihan baterai yang digunakan harus sesuai dengan kondisi PLTS. Untuk menentukan baterai yang tepat untuk digunakan maka perlu diketahui karakteristik baterai dan faktor – faktor lain yang dapat mempengaruhi kinerja dan umur pakai baterai.

Baterai VRLA (*valve-regulated lead-acid battery*) adalah sebuah baterai dengan elektroda yang terbuat dari timbal yang terendam oleh asam sulfat encer. Baterai ini sering disebut baterai kering. Baterai ini tidak memerlukan pemeliharaan yang konstan bila dibandingkan dengan baterai basah / aki basah. Namun istilah "bebas perawatan" ini juga tidaklah benar dan masih keliru karena baterai VRLA tetap masih perlu dibersihkan dan dilakukan pengujian fungsional secara teratur. Baterai jenis ini banyak digunakan dalam perangkat listrik portabel yang besar, sistem tenaga *off-grid* (tidak terhubung ke jaringan listrik PLN) dan lain-lainnya. Baterai VRLA sangat rentan dengan panas yang tinggi sehingga dapat

menyebabkan rusaknya cel-cel baterai. Selain itu kerusakan accu bisa terjadi karena arus charge atau arus discharge melebihi kapasitasnya, accu dapat meledak.

Kapasitas sebuah baterai (Nilai Ah) dari rangkaian baterai yang dirangkai secara seri adalah berkurang sama seperti dengan kapasitor. Sehingga kapasitasnya berkurang berbanding terbalik dengan jumlah baterainya, namun dengan sistem ini tegangan yang dihasilkan jauh lebih besar lebih besar.

*Current transformer* (CT) YHDC dibuat oleh produsen Beijing Yao Huadechang Electronics Co., Ltd dan dipasarkan oleh Seeds Studio Shenzhen, China sebagai sensor arus AC yang bersifat *non-invasive* (maksimum 30A). YHDC SCT 013 adalah sensor arus CT dengan ukuran penjepit 13mm x 13mm. Seri YHDC SCT 013 memiliki banyak variasi tipe diantaranya adalah SCT 013-030 yang memiliki maksimal kapasitas arus masuk 30A. Output dari sensor ini berupa kabel dengan tegangan antara 0-1 Volt. Sistem pengukuran arus dari sensor ini memanfaatkan medan elektromagnetik seperti *clamp meter*. Sensor ini mengeluarkan tegangan linier dengan kenaikan arusnya. Adapun linearitas tegangan output dengan arus input dijabarkan dalam grafik sebagai berikut:

Keunggulan dari sensor ini adalah tingkat presisi dan linieritas tegangan output yang dihasilkan. Prosentase kesalahan dari pengukuran arus antara 1-3% .



**Gambar 2.** Sensor Arus AC YHDC SCT013-030

Sensor tegangan AC berbeda dengan sensor tegangan DC, karena pada sensor tegangan AC menggunakan *Voltage Transformer*. Dengan memanfaatkan ZMPT101B tegangan input bisa diturunkan secara linier sehingga pembacaan ADC bisa terjadi. Adapun sensor tegangan ini dapat diakses dengan memberikan rangkaian pengkondisi sinyal penyearah setengah gelombang. Kelemahan sensor ini tidak dapat mendeteksi tegangan negatif. Sehingga fase negatif harus dinaikkan offsetnya. Berikut adalah gambar dan spesifikasi dari ZMPT101B *voltage transformer*



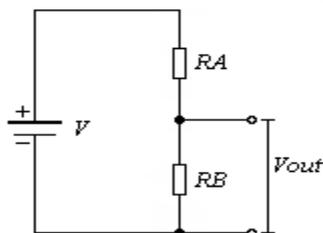
**Gambar 3.** ZMPT101B Voltage Transformator

Dalam pengukuran Arus DC, kuat arus yang terukur harus mendekati nilai yang sesungguhnya. Oleh karena itu, nilai hambatan dalam *ampere meter* harus sekecil-kecilnya. Ditambahkannya hambatan shunt berguna agar hambatan *shunt ampere meter* kecil. Hambatan *shunt* berfungsi untuk menyimpangkan sebagian kuat arus yang akan diukur sehingga kuat arus yang melalui *ampere meter* lebih kecil atau sama dengan batas ukur *ampere meter* itu. Adapun hambatan *shunt* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki batas arus yang lewat sebesar 30A.



**Gambar 4.** Resistor Shunt

Sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan terdiri dari dua resistor yang dirangkai secara seri dan dihubungkan dengan suatu sumber tegangan. Tegangan input yang terlalu besar tidak dapat langsung masuk ke mikrokontroler karena mikrokontroler memiliki kapasitas maksimum. Tegangan input yang besar ( $> 5V$ ) harus di turunkan dengan cara pembagi tegangan. Tegangan *output* sensor diambil dari titik tengah rangkaian seri kedua resistor tersebut seperti ditunjukkan oleh gambar 2.6



**Gambar 5.** Rangkaian pembagi tegangan

*Relay* adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, *relay* merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (*solenoid*) di dekatnya. Ketika *solenoid* dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. *Relay* biasanya digunakan untuk menggerakkan peralatan listrik yang besar (misalnya peralatan listrik 4 A 220 Volt AC) dengan memakai arus atau tegangan yang kecil (misalnya 0.1 A 12 Volt DC)

Dalam pemakaiannya biasanya *relay* yang dikontrol oleh arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang diparalel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Pemasangan dioda bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat *relay* berganti posisi dari *on* ke *off* dan agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

*Relay* yang digunakan adalah Omron dengan tipe G8P-1A2T-F dengan tegangan koil 12V, dan tegangan kontak 250VAC/30A[4]. Penggunaan *relay* ini karena memiliki arus kontak maksimum hingga 30A. arus maksimum tersebut dinilai sudah lebih dari cukup untuk dapat mematikan dan menyalakan beban dari PLTS ini



**Gambar 2.6** Omron G8P-1A2T-F

Salah satu modul WiFi dengan model ESP8266 adalah *Wemos D1*. ESP8266 adalah sebuah modul wifi yang bersifat *System on Chip* (SOC), sehingga bahasa pemrograman dapat kompatibel dengan bahasa pemrograman yang digunakan Arduino. *Wemos D1* dengan ESP8266 sudah dilengkapi *General Purpose Input/Output* (GPIO), dengan adanya GPIO ini kita bisa melakukan fungsi input atau output layaknya sebuah mikrokontroler.



Gambar 7. Modul WiFi Wemos D1

Router adalah perangkat yang digunakan untuk mengatur arus lalu lintas langsung antara jaringan *device* lokal ke jaringan bersama-sama, baik melalui kabel *Ethernet* ataupun melalui teknologi gelombang radio. Jaringan yang menggunakan kabel *Ethernet* disebut sebagai jaringan terprogram, sedangkan jaringan radio gelombang disebut jaringan nirkabel atau *wireless*. Kedua jenis jaringan ini memiliki kelebihan dan kekurangan, namun jaringan nirkabel adalah yang paling mahal dan paling mudah untuk diatur karena tidak memerlukan pengoperasian kabel *ethernet* antara *device*[5].



Gambar 8. Wireless N Router TPLINK TL MR3020

Menurut Ashton (2009) *Internet of Things* (IoT) didefinisikan sebagai sebuah teknologi yang memungkinkan adanya pengendalian, komunikasi, kerja sama dengan berbagai perangkat keras, berbagai data, memvirtualisasikan segala hal nyata ke dalam bentuk internet, dan lain-lain melalui jaringan internet. *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus, berikut kemampuan *remote control*, berbagi data, dan sebagainya, termasuk pada benda-benda di dunia fisik. Bahan pangan, elektronik, peralatan apa saja, koleksi, termasuk benda hidup, yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor tertanam dan selalu “on”

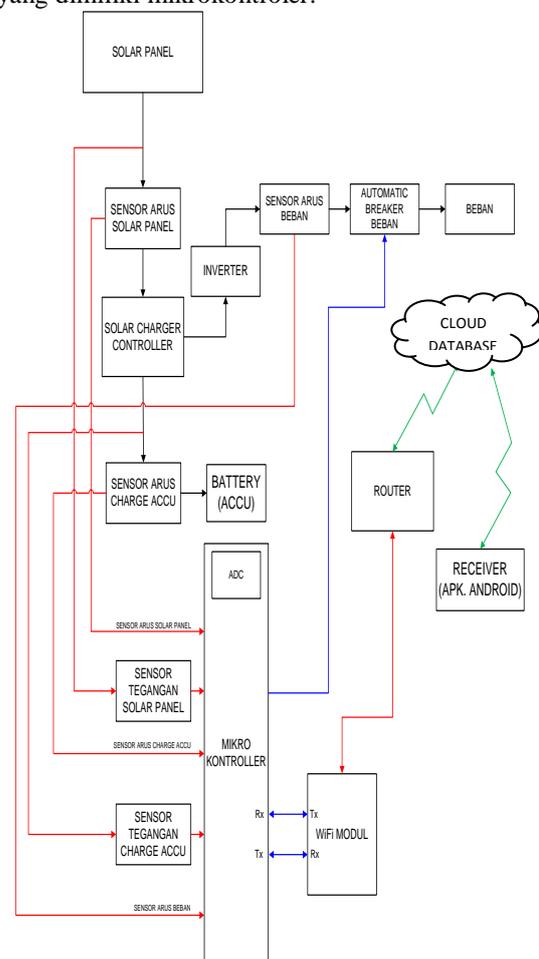
Platform IoT dengan nama Thingspeak. Thingspeak merupakan platform IoT yang dikembangkan oleh MatLab yang berafiliasi pada Mathworks®. Platform ini berfungsi sebagai *Core Engine*, *IoT Data Repository*, dan *IoT Hosted Apps* untuk membangun ekosistem *Internet of things*. Thingspeak adalah salah satu dari layanan digital yang

menyediakan *cloud* untuk para *developer Internet of Things*.

### III. Metodologi Penelitian

Pada bab ini membahas tentang pengukuran penelitian terdahulu, namun belum ada sistem pemantauan dan pengontrolan untuk energi yang disimpan pada *battery*. Pada Gambar 3.1 adalah blok diagram perancangan alat yang akan dibuat. Blok solar panel, solar charge controller, inverter, dan *battery* (*accu*) merupakan bagian yang sudah ada pada penelitian sebelumnya. Sistem Elektrik-Hybrid untuk Filter Air Tanah yang telah ada menggunakan empat buah panel surya masing-masing 12V, 100WP yang di rangkai dua buah seri dan kemudian dirangkai paralel dan menggunakan dua buah *accu* 100AH/12V yang di rangkai seri.

Sistem kerja alat ini dimulai dari mengumpulkan data-data input. Adapun data input yang dicari adalah arus dan tegangan solar panel, arus dan tegangan *charge accu*, dan arus ketika pembebanan dilakukan. Data-data tersebut diperoleh dari sensor berupa tegangan analog yang kemudian di inputkan kepada ADC yang dimiliki mikrokontroler.



Gambar 9. Diagram Blok Alat Mikrokontroler mengubah besaran-besaran analog menjadi besaran digital dengan membuat

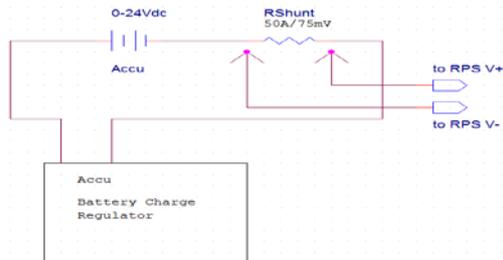
Nilai Konversi ADC (NKADC). NKADC tersebut digunakan untuk membuat perintah-perintah untuk kontrol. Perintah kontrol yang dilakukan adalah bila tegangan solar panel di bawah batas minimum atau arus accu yang mengalir melebihi kapasitasnya, maka sumber listrik beban akan terputus. Selain itu nilai tersebut dikirim dari mikrokontroler menuju *server*. Adapun proses pengiriman data dilakukan oleh modul wifi yang bertindak sebagai *access point* yang terkoneksi dengan *router*. Data yang diterima *server* kemudian dikirim menuju *receiver* yang dalam hal ini adalah aplikasi android. Pada aplikasi tersebut juga terdapat pilihan untuk menyalakan atau mematikan beban. *Monitoring* ini akan ditampilkan pada android dalam bentuk grafik perbandingan *amplitude* arus dengan *domain* waktu.

Pilihan untuk menyalakan atau mematikan beban pada aplikasi android berupa tombol. Pilihan menyalakan diperlukan apabila parameter ukur yang terpantau telah normal dan pengguna sedang berada di tempat yang jauh dari alat, maka pengguna dapat menyalakannya melalui aplikasi tersebut.

Rangkaian sensor arus DC terdiri atas dua rangkaian yang secara prinsip sama. Dua rangkaian sensor arus dc tersebut adalah rangkaian sensor arus photovoltaic dan sensor arus accu.

Rangkaian sensor arus yang digunakan adalah dengan menghubungkan sumber tegangan dengan resistor *shunt*. Resistor *shunt* yang digunakan memiliki kapasitas maksimal 50A untuk sensor arus DC yang dihubungkan ke *accu* dan kapasitas 20A untuk sensor arus DC yang dihubungkan ke *Photo voltaic*.

Titik *output* pada sensor ini adalah hubungan paralel antara *resistor shunt* dengan sumber tegangan. *Output* yang dihasilkan dari sensor ini adalah tegangan DC yang berkisar antara 0-75mV. Gambar rangkaian sensor arus di jelaskan pada gambar 3.2

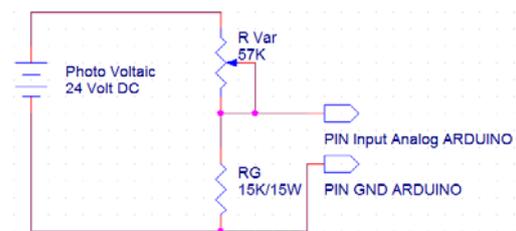


Gambar 10. Rangkaian Sensor Arus DC

Sensor tegangan DC terdiri atas dua rangkaian yang secara prinsip sama. Dua rangkaian sensor tegangan dc tersebut adalah rangkaian sensor tegangan photovoltaic dan sensor tegangan accu. Rangkaian ini merupakan

rangkaian pembagi tegangan sebagaimana yang telah dijabarkan pada bagian sebelumnya.

Rangkaian sensor tegangan yang digunakan adalah dengan menghubungkan sumber tegangan dengan rangkaian pembagi tegangan. Resistor *ground* (RG) yang digunakan adalah 10K/10W untuk sensor tegangan DC yang dihubungkan ke *Photo voltaic* dan 15K/15W untuk sensor tegangan DC yang dihubungkan ke *accu*. Titik output pada sensor ini adalah titik hubung antara RG dan Resistor variabel dengan titik negatif tegangan. Output yang dihasilkan dari sensor ini adalah tegangan DC yang berkisar antara 0-5V

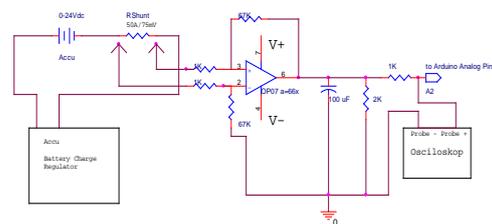


Gambar 11. Rangkaian Sensor Tegangan accu

RPS untuk sensor arus dc terdiri atas dua rangkaian yang secara prinsip sama. Dua RPS tersebut adalah RPS untuk sensor arus photovoltaic dan untuk sensor arus accu. Rangkaian ini merupakan rangkaian diferensial amplifier.

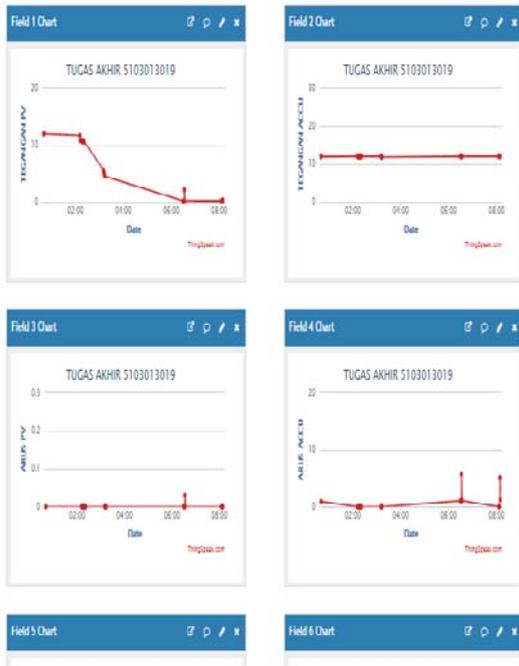
RPS untuk sensor arus dc merupakan sebuah rangkaian *Operational Amplifiers* (OpAmp) yang difungsikan sebagai penguat diferensial. Penggunaan fungsi OpAmp sebagai penguat diferensial karena kedua titik kerja sensor arus menghasilkan tegangan yang berbeda atas titik refrensinya. Apabila kedua titik kerja tersebut diambil selisihnya maka rentang selisih yang dihasilkan antara 0-75mV sesuai dengan arus yang lewat pada hambatan shunt tersebut. Selisih kedua titik kerja dinamakan tegangan drop. Bila 0A yang lewat maka menghasilkan tegangan drop sebesar 0 mV dan sebaliknya bila arus yang lewat adalah batas arus maksimal dari hambatan shunt maka akan dihasilkan tegangan drop sebesar 75mV.

Tegangan drop yang dihasilkan kemudian dikuatkan sebesar 67 kali dengan fungsi OpAmp. RPS untuk sensor arus dapat dijabarkan pada rangkaian dibawah ini:



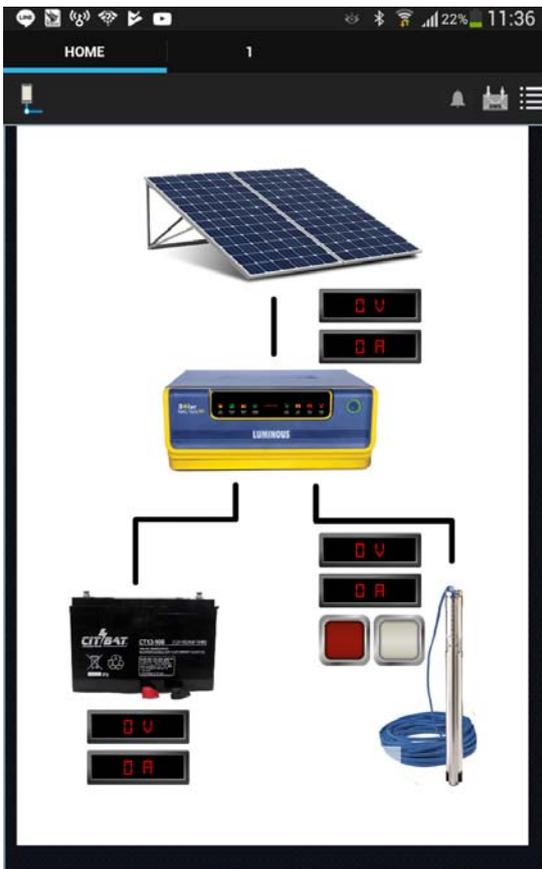
Gambar 12. RPS untuk Sensor Arus DC





**Gambar 16.** Tampilan Pemantauan Berbasis Grafik

Pada aplikasi android, fungsi pemantauan juga ditampilkan dalam bentuk angka, untuk mempermudah pengguna dalam melihat



**Gambar 17.** Tampilan Pemantauan Berbasis Angka (Human Interface)

Adapun tombol yang terdapat pada aplikasi android mengirimkan sebuah command pada

database platform IoT. Command yang masuk ke platform IoT kemudian dikirim oleh fitur talkback pada thingspeak ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian mencocokkan command yang ada. Pada pemrograman mikrokontroler, terdapat sebuah variable yang menyimpan isi command tersebut. apabila command berisi ON, maka mikrokontroler memberikan output tegangan 3.3 V kepada relay. Bila command berisi OFF maka mikrokontroler memberikan output tegangan 0 V. tombol yang ada pada aplikasi android ada dua buah, untuk on dan untuk off.

### V. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengukuran dan pengujian, dapat disimpulkan fungsi pengendali beban dapat dilakukan dan berfungsi dengan baik, sesuai dengan visual pada android sistem dengan platform IOT yang berserver di *thingspeak*. dengan beban induktif 600 watt

### DaftarPustaka

- [1] Joewono, Andrew; Sitepu, Rasional.2016.Sistem Elektrik-Hybrid untuk Filter Air Tanah.Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
- [2] Subandi, dkk.2015. Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell.Yogyakarta: Institut Sains dan Teknologi AKPRIND
- [3] Unknown, 2014, <https://adityaronisn.files.wordpress.com/2014/06/dasar-pemrograman-android.pdf>
- [4] Laksono, Heru Dibyo.2010.Perancangan Dan Implementasi Relay Arus Lebih Sesaat Berbasis Microcontroller.Jakarta
- [5] Unknown, 2014, <http://www.unsri.ac.id/upload/arsip/KAJIAN%20PENGGUNAAN%20MIKOTIK%2000%20SEBAGAI%20ROUTER.pdf>