

IMPLEMENTASI MINI PC SEBAGAI SERVER MEDIA INFORMASI K3 DI PT. TELEHOUSE ENGINEERING BANDUNG

¹Ikhsan Arditiya Nugraha

²Efri Suhartono, ST., MT.

³Agus Ganda Permana, Ir., MT.

ABSTRAK

Dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat Indonesia maka penggunaan internet pun semakin meningkat. Tidak hanya penggunaan internet tetapi juga penggunaan listrik yang digunakan untuk untuk menenagai akses internet. Tetapi hal ini akan menjadi suatu masalah bagi penggunaan internet di daerah terpencil yang tidak dialiri oleh listrik.

Surya panel yang menggunakan solar charge control yang berfungsi untuk mendistribusikan energi listrik yang telah dihasilkan dari surya panel. Energi tersebut digunakan untuk mencatu akses point dan baterai yang digunakan pada saat matahari terbenam.

Dari proyek ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah akses point yang ditenagai oleh matahari daripada listrik PLN.

Kata kunci : Surya panel; Energi; mikrokontroler; Akses Point

ABSTRACT

Development of Indonesian people's prosperity so with the increasing usage of internet. Not only internet but also increasing electricity that used to powering internet access. But this will be a problem for internet usage in isolated without electricity.

Solar Cell using solar charge control to distribute electricity to access point and battery. The energy that later used to powering access point and battery which later used in night.

Expected results at the end of this project is an access point which powered by sun light than PLN electricity.

Keywords: solar panel; Energy; Microcontroller; access point

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dengan meningkatnya penggunaan internet di kota-kota besa maka mengakibatkan semakin meningkatnya penggunaan akses poin dalam mengakses internet, oleh karena itu kebutuhan akan akses poin baik di luar maupun di dalam ruangan.

Seiring dengan meningkatnya penggunaan maka meningkat pula energi listrik yang digunakan untuk mentenagai akses poin, oleh karena itu penggunaan energi alternatif untuk mentenagai akses poin di ruang terbuka. Untuk memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi alternatif masih membutuhkan Solar charge control untuk meregulasi energi yang dihasilkan oleh matahari agar tidak merusak baterai dan perangkat yang lain.

Meskipun telah ada pengembangan mikrokontroller sebagai SCC, penulis akan memanfaatkan akses poin yang digunakan untuk mengirimkan data monitoring langsung ke pada komputer untuk memudahkan teknisi memelihara perangkat.

Proyek akhir ini diharapkan dalam pelaksanaannya dapat memberi manfaat bagi Institusi, masyarakat, dan penulis sendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa dalam pembuatan proyek ini agar lebih terperinci:

1. Metode charging apa yang akan digunakan ?
2. Bagaimana cara pengolahan daya agar bisa mencatu secara continu ?
3. Berapa lama daya tahan baterai selama digunakan oleh akses point ?
4. Metode apa yang digunakan untuk memantauan siklus pengisian baterai ?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa hal yang dibatasi agar proyek bisa menjadi lebih terperinci:

1. Penempatan akses point pada luar ruangan

2. Jam operasional akses point dari pagi hingga sore
3. Di asumsikan cuaca cerah
4. Tidak membahas sel surya (bahan) hanya konfigurasi saja secara lengkap
5. Tipe *solar charge control* (SCC) yang digunakan adalah tipe PWM
6. LCD optional (LCD akan tambahkan apabila waktu mencukupkan untuk dipasang)

1.4 Maksud dan Tujuan

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam Laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1 Menghasilkan solar charge control yang mampu menyala akses poin
- 2 Mampu meningkatkan layanan internet di ruang terbuka

1.5 Metodologi

Metode Yang digunakan dalam pembuatan akses point bertenaga surya adalah dengan :

1. Studi literatur

Pada tahapan ini akan dilakukan studi mengenai material-material referensi yang akan digunakan untuk merancang bangun alat yang diinginkan.

2. Konsultasi dan bimbingan

Pada tahapan ini bimbingan dan konsultasi dilakukan untuk memberi masukan-masukan yang akan diberikan oleh pembimbing sebagai masukan untuk perancangan.

3. Perancangan dan realisasi

Pada tahapan ini dilakukan perancangan dan realisasi alat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan

4. Pengujian

Pada tahapan ini pengujian dilakukan untuk mengetahui apa

5. Penyusunan laporan

1.6 Sistematika penulisan

Buku ini terdiri dari 5 BAB yang membahas permasalahan alat secara berurutan. Sistematika dari penulisan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan latar belakang masalah, perumusan masalah dan batasan masalah, tujuan dan kegunaan, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan dari kegiatan penelitian dari kegiatan penelitian proyek akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang dasar-dasar teori yang diperlukan serta literatur-literatur yang mendukung dalam pembuatan solar charge control sebagai server media informasi.

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini akan membahas tentang pembahasan perancangan sistem solar charge control sebagai pengendali arus listrik ke akses poin dan pengisian baterai.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

Pada bab ini dibahas mengenai analisa sistem solar charge control yang telah dibuat apakah berjalan dengan baik atau tidak.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran seluruh kegiatan proyek akhir ini yang bisa digunakan sebagai masukan untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut dari topik proyek akhir ini.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Panel Surya

Panel surya adalah panel yang bekerja atas dasar *photovoltaic* (PV) dimana energi radiasi matahari yang diserap oleh panel dirubah menjadi voltaic (arus listrik) dengan cara mengganti elektron yang ada dengan photon cahaya matahari.

Photovoltaic merupakan sell yang dibuat dari semi konduktor seperti silikon. Photovoltaic menghasilkan energi ketika sinar matahari mengenai semi konduktor dan melepaskan elektron pada cahaya matahari dengan menyerap cahaya. Elektron yang dihasilkan dialirkan dengan voltase dari sel surya menghasilkan energi listrik.

2.2 Solar Charge Control

Solar charge control (SCC) merupakan pengatur energi keluaran dari panel surya. Panel surya menghasilkan energi yang tidak stabil yang apabila disalurkan langsung ke baterai dan alat akan menyebabkan kerusakan. SCC yang digunakan adalah tipe Pulse Width Modulation (PWM). SCC Tipe PWM menggunakan pulsa yang dihasilkan oleh IRF 9540 sebagai pengindikasi dari tingkat kepenuhan baterai.

Apabila baterai telah penuh maka lebar pulsa yang akan dihasilkan minimum (tidak ada pulsa), sehingga pengisian baterai diputus, dan ketika baterai kosong atau tidak terisi penuh maka pengisian akan berlanjut seiring dengan peningkatan lebar pulsa yang dimodulasikan.

2.3 Mikrokontroller

Mikro kontroller merupakan bagian terkecil dari suatu sistem komputer yang memiliki bentuk lebih kecil dari suatu komputer pada umumnya. Mikrokontroller merupakan bentuk sederhana dari komputer dimana mikrokontroller menjalankan program yang telah diprogramkan, dari program sederhana hingga program yang paling kompleks. Mikrokontroller yang digunakan adalah mikrokontroller Arduino Uno yang bisa digunakan dalam pembuatan alat ini.

2.4 Wi Fi Shield

Wifi shield merupakan modul dari arduino yang bisa langsung ditancapkan di atas arduino.

Wifi shield yang digunakan adalah DFRobot wifi shield V2.2 for Arduino (802.11 b/g/n) yang berdasarkan modul WizFi210. Modul ini mampu mengkoneksikan Wifi melalui Serial Host Interface. Wifi shield ini merupakan wifi module yang mengkonsumsi daya yang rendah. Ketika tidak dibutuhkan modul ini dapat diatur untuk mode siaga yang bisa diaktifkan ketika dibutuhkan.

Pada proyek ini WiFi shield berfungsi sebagai *client* dari akses poin yang dapat mengirim dan menerima data dari jaringan. Data yang dikirimkan dan diterima dalam bentuk teks secara serial.

2.5 Wireless Access Point

Wireless Access Point adalah suatu node yang di konfigurasi secara khusus untuk memancarkan sinyal WLAN (*Wireless Local Area Network*). Biasanya akses point digunakan di rumah, institusi pendidikan, perkantoran, dan lain-lain. Dalam penggunaannya WAP dapat mengakses internet tanpa menggunakan jalur akses “ad hoc” atau “Peer-to-peer”.

Standart *Wi-Fi* yang digunakan adalah IEEE 802.11b yang dimana memiliki spesifikasi : 11 MBps maximum data rate per kanal; Frekwensi 2,4 – 2,4835 GHz; Modulasi DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*); Nominal ERP : +10 - +23

dBm; Jangkauan : 90 meter (didalam ruangan) – 450 meter (diluar ruangan); pengguna maksimum hingga 25 per akses point; dan *roaming* antar akses point.

2.6 Baterai

Baterai merupakan media penyimpanan energi yang digunakan dalam perancangan alat ini. Tipe baterai yang digunakan dalam perancangan ini adalah baterai yang digunakan pada mobil atau yang bisa disebut juga accumulator merupakan kapasitor yang terdiri dari plat timbal dioksida positif dan negatif yang berada dalam elektrolat asam sulfat dan dipisahkan oleh isolator untuk mencegah terjadinya korsleting.

Cara kerja dari baterai adalah dengan melepaskan elektron dari hasil reaksi kimia yang terjadi akibat kedua elektrode yang bereaksi pada asam sulfat. Pada saat pengisian akan terjadi reaksi kimia dimana timbal peroksida dan larutan elektrolit dan timbal sulfat akan menghasilkan timbal peroksida. Sedangkan pada pelepasan elektron baterai akan terjadi reaksi kimia diantara timbal peroksida dan cairan elektrolit yang menghasilkan energi listrik dan timbal sulfat hingga reaksi terjadi sepenuhnya.

2.7 Power MOSFET

Power-MOSFET (P-MOSFET) merupakan komponen pengendali tegangan yang masuk dari PV dan baterai ke SCC. P-MOSFET IRF 9540 menerima sinyal PWM dari arduino dan akan menentukan tingkat tinggi rendahnya tegangan masukan dari PV dan tegangan pengisian baterai.

P-MOSFET yang digunakan adalah P-MOSFET tipe irf9540. P-MOSFET tipe PNP

2.8 LM35

LM35 adalah *integrated-circuit* (IC) yang digunakan untuk untuk mendeteksi suhu. Sensor ini digunakan pada SCC untuk menentukan tingkat pengisian berdasarkan suhu ruangan SCC ditempatkan. Apabila suhu terlalu tinggi maka tingkat maksimum *Bulk charge* akan diturunkan dan demikian juga sebaliknya, apabila suhu ruangan rendah maka tingkat pengisian akan ditingkatkan.

2.9 Modul ACS 712

Modul ACS 712 adalah modul IC yang berfungsi sebagai detektor arus. Pada SCC yang akan dibuat modul ini berguna sebagai pendeteksi jumlah arus yang mengalir ke beban (akses poin).

2.10 PuTTY

PuTTY merupakan perangkat lunak percuma dan sumber terbuka yang berfungsi sebagai program client, Telnet, Rlogin protokol jaringan. Dengan menggunakan protokol tersebut PuTTY mampu untuk menjalankan sesi secara jarak jauh melalui jaringan protokol.

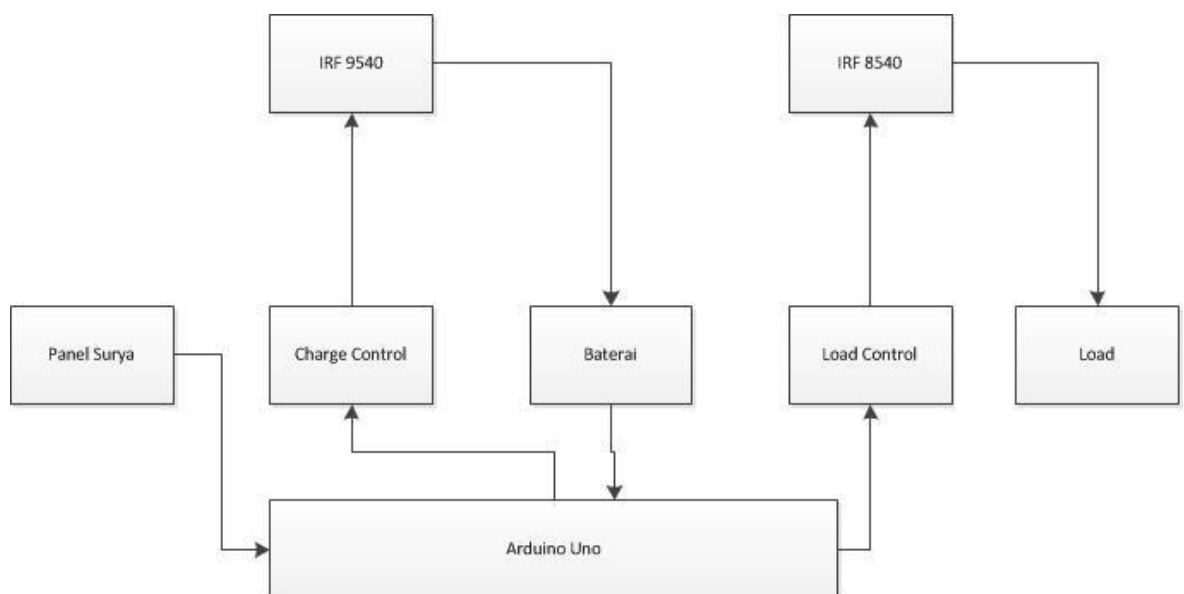
BAB 3

Perancangan dan Implementasi

Proyek akhir ini dirancang untuk membangun akses poin yang dapat menopang dirinya sendiri tanpa arus listrik konvensional dan dapat memudahkan perawatan pada panel surya dengan mengirimkan data hasil pengolahan energi oleh SCC.

Dalam perancangan ini, alat yang akan dibuat membutuhkan sinar matahari sebagai sumber energi utama pada sel surya yang kemudian di proses oleh SCC untuk distabilkan dan kemudian oleh arduino dan wifi shield akan mengirimkan data hasil pengolahan energi ke pc untuk pemantauan.

3.1. Blok Diagram Kerja Alat



Gambar 3.1 Blok Diagram alat

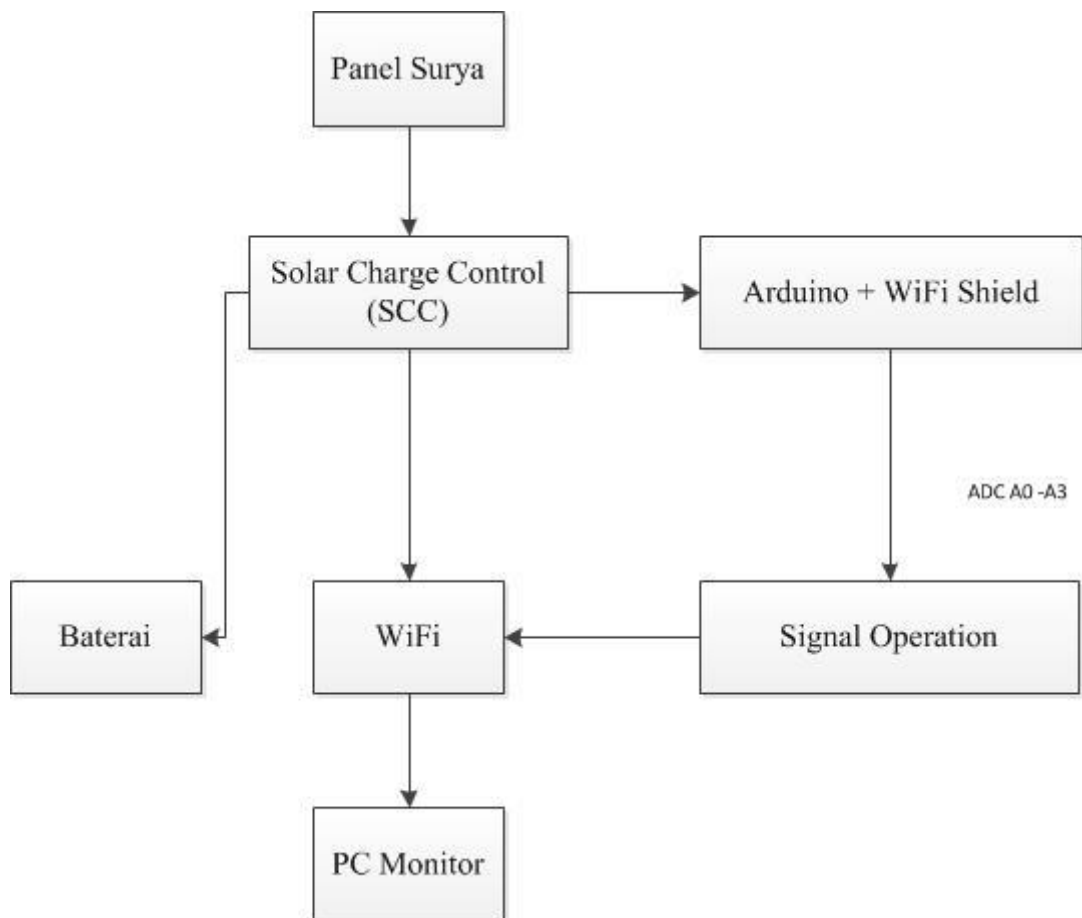
Cara kerja dari alat ini adalah dengan menggunakan arduino uno sebagai pusat kendali dari alat ini, arduino uno mendeteksi tingkat tegangan pada panel surya, baterai, dan beban.

Arduino menggunakan sinyal PWM pada mosfet untuk meningkatkan *duty cycle* yang mengakibatkan arus yang dialirkan terputus ketika tingkat arus tertentu pada pengisian baterai dan pada pengosongan baterai

Fungsi utama dari SCC adalah sebagai pencegahan *overcharge* dan *over discharge* pada baterai yang mengakibatkan kerusakan pada baterai dan juga untuk mengendalikan beban agar tidak mengalami kerusakan yang dikarekan oleh *overload* dan mampu menghubungkan dan memutuskan aliran listrik.

Penambahan WiFi shield juga merupakan bagian pengembangan untuk mempermudah pemeliharaan alat dan monitoring yang dilakukan oleh teknisi. WiFi shield akan mengirimkan data hasil pengolahan tegangan oleh SCC ke mputer monitor.

3.2. Perancangan Sistem



Gambar 3.2 Blok Diagram dari sistem solar charge control

Adapula fungsi dari masing-masing blok :

a) Panel Surya

Panel Surya berfungsi sebagai sumber energi, dengan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik.

b) Solar Charge Control (SCC)

Solar Charge Control (SCC) memiliki fungsi sebagai penstabil tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya ditentukan oleh tingkat intensitas cahaya matahari, oleh karena itu tegangan yang dihasilkan harus distabilkan kalau tidak akan merusak perangkat lainnya.

c) Arduino + Wifi Shield

Arduino memiliki fungsi sebagai pengolah sinyal adc (*Analog to Digital Converter*) dan juga mengolah sinyal digital dari SCC yang kemudian dikirimkan melalui WiFi Shield melalui jaringan nirkabel ke komputer monitor untuk memantau kondisi dari SCC.

d) Signal Operation.

Signal Operation adalah sinyal yang dikirimkan oleh WiFi Shield melalui jaringan nirkabel ke PC monitor sebagai indikator bekerjanya SCC.

e) Baterai

Baterai pada bagian ini berfungsi untuk menyimpan daya pada saat matahari bersinar. Baterai diisi oleh panel surya melalui SCC sebagai power management yang mengatur keluaran dari panel surya. Baterai yang digunakan adalah baterai jell khusus untuk panel surya.

f) WiFi

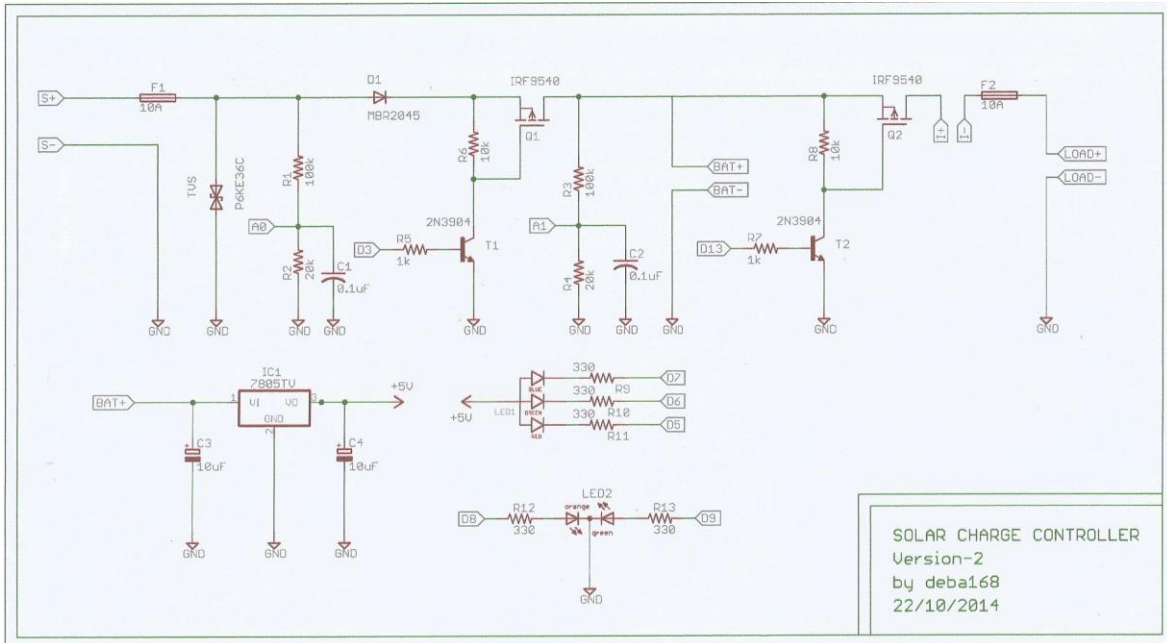
Akses Point merupakan alat yang berfungsi sebagai penghubung koneksi internet. Pada perancangan ini akses point adalah sebagai beban arus yang harus dipenuhi oleh alat dan juga sebagai saluran untuk Arduino mengirimkan data hasil

g) PC monitor

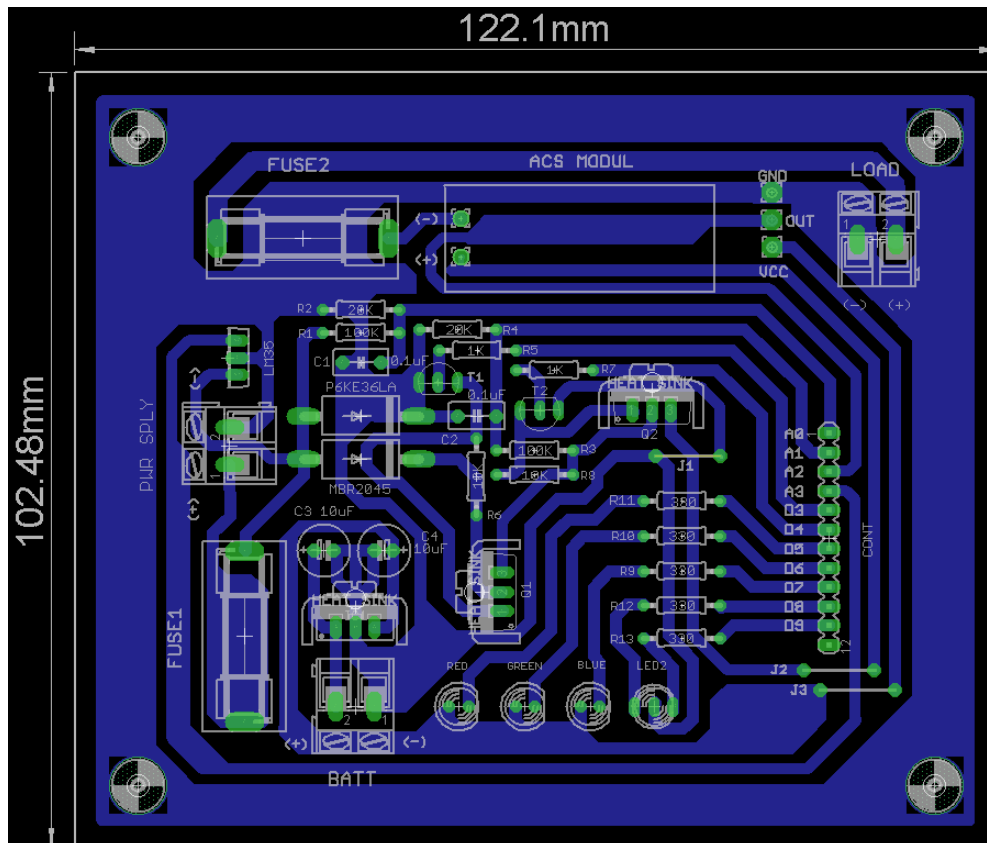
PC monitor sebagai pemantau dari bekerjanya keseluruhan sistem. Apabila sistem mengalami gangguan maka teknisi dapat menentukan dimana gangguan berlangsung.

3.3. Perancangan Hardware.

Dalam perancangan hardware, disain alat berdasarkan alat yang sudah ada dari sumber terbuka, hanya saja dalam pengembangannya alat yang dibuat menggunakan WiFi sebagai beban dan juga sebagai alat yang mengirimkan data hasil pengolahan arduino dari SCC ke komputer monitor.



Gambar 3.3 gambar skematis SCC



Gambar 3.4 Print PCB

3.3.1. Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat tegangan yang dihasilkan PV dan yang diisikan ke baterai. Sensor ini terdiri dari dua buah resistor dengan nilai masing-masing 100k dan 20k.

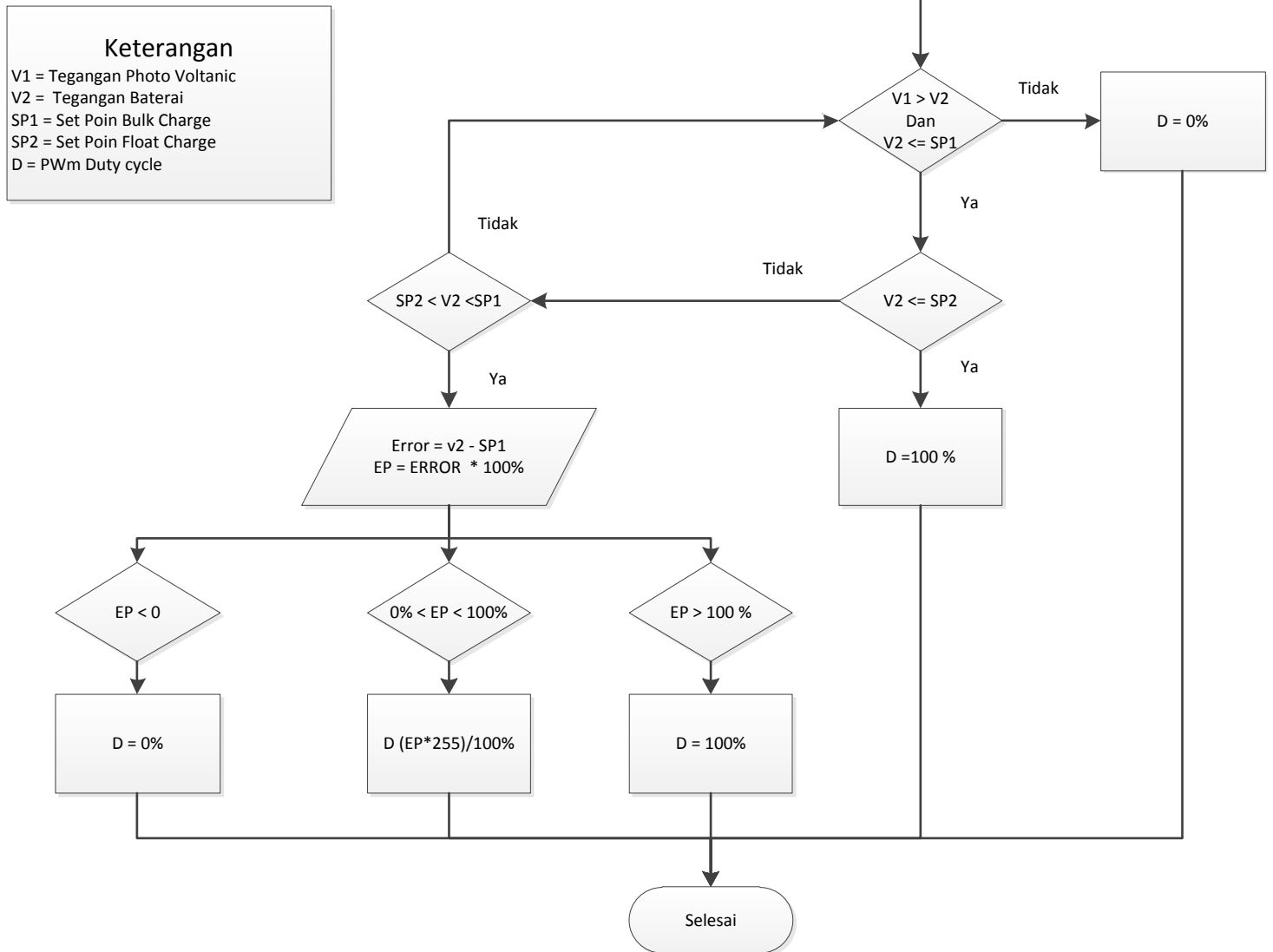
3.3.2 Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk menentukan daya yang digunakan untuk mengukur daya dan tenaga dari akses poin

3.3.3 Sensor Suhu

Sensor suhu digunakan untuk mengetahui tingkat panas area yang nantinya akan berpengaruh pada pengisian baterai.

3.4 Pengisian Baterai



Gambar 3.5 Diagram Alir logika pengisian Baterai

Dari diagram alir logika pengisian dapat disimpulkan bahwa Pengisian baterai terdiri dari tiga tahap, yaitu : Bulk, Absorption, Float.

3.4.1 Bulk

Bulk adalah kondisi pengisian baterai secara terus menerus, baterai terus menerus diisi dengan tegangan dari PV yang telah distabilkan oleh SCC hingga kondisi baterai penuh pada 14,5 V.

3.4.2 Absorption

Absorption adalah kondisi ketika baterai telah terisi penuh pada 14,5 V. Pada kondisi ini tegangan dari PV diputus dengan menurunkan sinyal PWM hingga 0%.

Hal ini dimungkinkan untuk mencegah pemanasan berlebihan akibat pengisian terus-menerus yang dapat mengakibatkan kerusakan pada baterai.

3.4.3 Float

Float merupakan kondisi dimana tegangan dari PV dikurangi dan tidak mengisi baterai secara penuh, hal ini untuk mencegah baterai untuk bergas.

BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pengujian

4.1. Pemasangan Alat

Alat dipasang dengan menghubungkan SCC dengan Photo Voltanic, baterai, dan akses poin.



Gambar 4.1 gambar scc yang terhubung



Gambar 4.2 Photo Voltanic



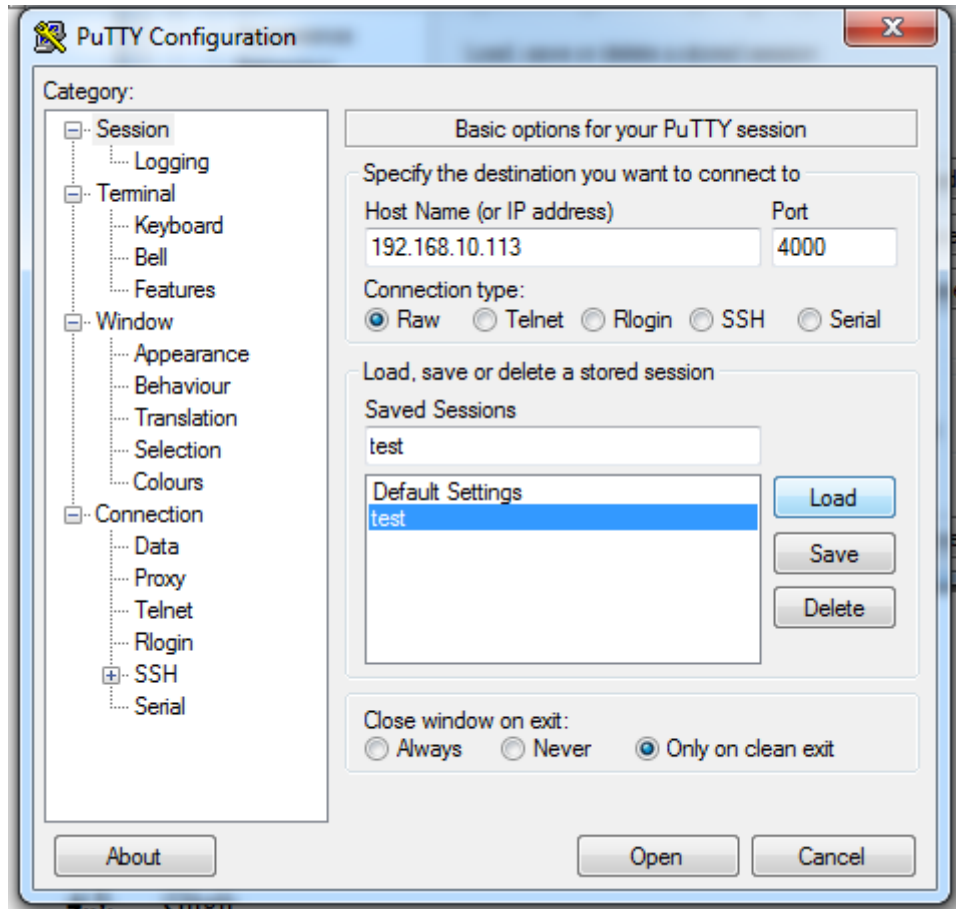
Gambar 4.3 Baterai



Gambar 4.4 gambar Akses Point

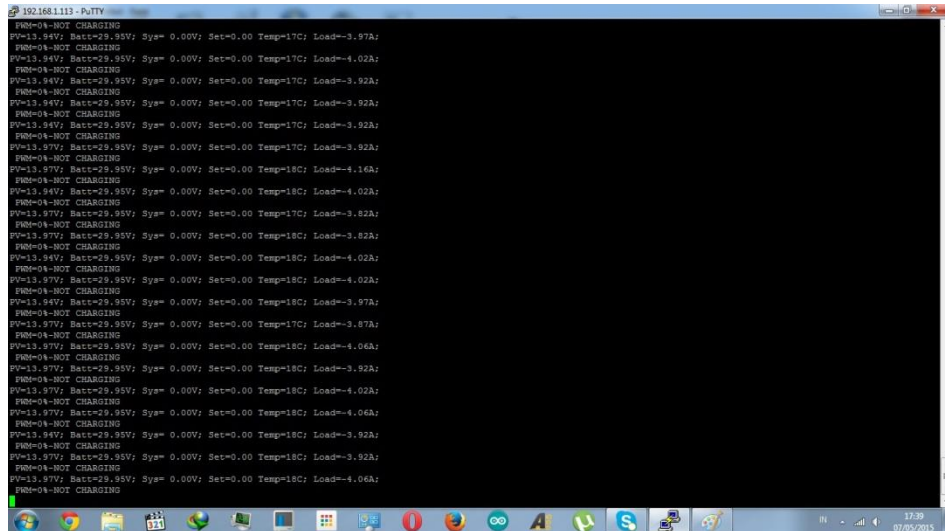
4.2. Pengujian alat

Pengujian alat dilakukan dengan menggunakan PuTTY configuration. Masukkan alamat IP yang telah disetting yaitu 192.168.10.113 dan port 4000.



Gambar 4.5 PuTTY configuration

Setelah itu muncul tampilan sebagai berikut :



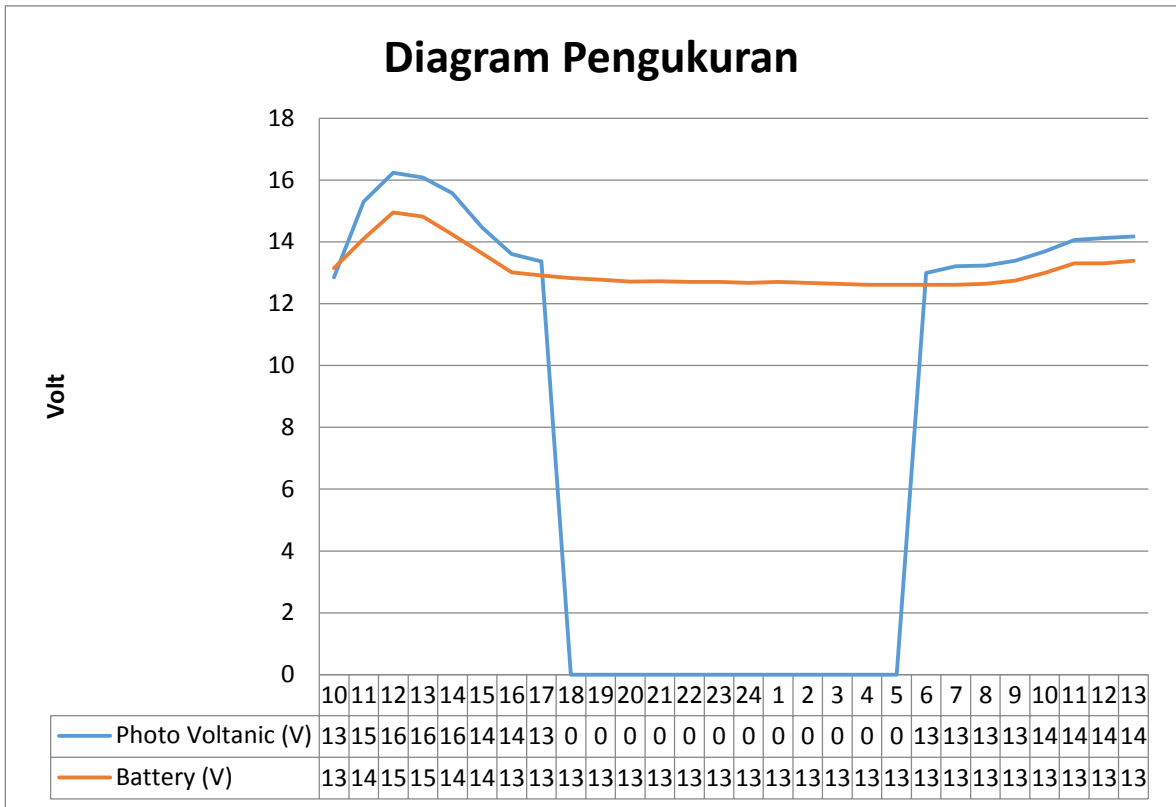
Gambar 4.6 hasil keluaran PuTTY

Setelah keluar maka diambil data hasil pengisian secara acak setiap satu jam selama 24 jam atau lebih.

a. Hasil Pengukuran

Jam	Photo Voltanic (V)	Battery (V)	Sys (V)	Set	Temp (C)	Load (A)	pwm	Condition	Load
10	12,85	13,15	12	14	62	11,81	99%	Bulk charging	Connected
11	15,3	14,1	12	14	61	11,84	0%	Not Charging	Connected
12	16,24	14,95	12	14	61	11,87	0%	Not Charging	Connected
13	16,08	14,82	12	14	61	11,87	0%	Not Charging	Connected
14	15,57	14,24	12	14	61	11,84	0%	Not Charging	Connected
15	14,47	13,63	12	14	61	11,84	36,53%	Float-Charging	Connected
16	13,61	13,02	12	14	62	11,81	99%	Bulk charging	Connected
17	13,37	12,91	12	14	62	11,81	99%	Bulk charging	Connected
18	0	12,83	12	14	62	11,84	0%	Not Charging	Connected
19	0	12,78	12	14	61	11,85	0%	Not Charging	Connected
20	0	12,72	12	14	61	11,87	0%	Not Charging	Connected
21	0	12,73	12	14	61	11,88	0%	Not Charging	Connected
22	0	12,7	12	14	61	11,87	0%	Not Charging	Connected
23	0	12,7	12	14	61	11,87	0%	Not Charging	Connected
24	0	12,67	12	14	61	11,87	0%	Not Charging	Connected
1	0	12,7	12	14	61	11,97	0%	Not Charging	Connected
2	0	12,67	12	14	61	11,97	0%	Not Charging	Connected
3	0	12,64	12	14	60	11,93	0%	Not Charging	Connected
4	0	12,61	12	14	60	11,93	0%	Not Charging	Connected
5	0	12,61	12	14	60	11,93	0%	Not Charging	Connected
6	12,99	12,61	12	14	60	11,93	99%	Bulk charging	Connected
7	13,21	12,61	12	14	60	11,97	99%	Bulk charging	Connected
8	13,23	12,64	12	14	60	11,97	99%	Bulk charging	Connected
9	13,39	12,75	12	14	60	11,97	99%	Bulk charging	Connected
10	13,69	12,99	12	14	59	12	99%	Bulk charging	Connected
11	14,06	13,31	12	14	59	12	99%	Bulk charging	Connected
12	14,12	13,31	12	14	60	12	99%	Bulk charging	Connected
13	14,17	13,39	12	14	59	12	99%	Bulk charging	Connected

Tabel 4.1 Hasil pengukuran



Gambar 4.7 graphik diagram hasil pengukuran

Pada pengukuran selama lebih 24 jam membuktikan pengukuran pengisian baterai mampu mentenagai akses poin selama lebih 24 jam dan selama pengisian pada saat tegangan diatas tegangan maximum baterai 14,5 V; SCC memutuskan tegangan dari PV. Kondisi baterai mengalami float ketika tegangan dari PV melebihi dari tegangan set yaitu 14, 47 V.

4.3 Analisis

Dari diagram diatas dapat disimpulkan bahwa pada hasil pengukuran bahwa akses poin dapat dialiri tegangan selama lebih dari 24 jam. Pada saat tegangan yang dihasilkan oleh *Photo Voltanic* melebihi dari batas maksimum baterai 14,5 Volt maka SCC akan memutus arus listrik untuk mencegah kondisi *overcharge* pada baterai.

Pada saat kondisi tegangan berada diantara tegangan maksimum dan tegangan SET maka kondisi pengisian akan diperlambat untuk mencegah pemanasan dan penggasan pada baterai.

Ketika kondisi tidak ada sinar matahari baterai masih bisa mentenagai Akses poin hingga pagi hari.

BAB 5

KESIMPULAN dan SARAN

5.1.Kesimpulan

1. Photo voltanic mampu mengisi baterai dan daya yang dihasilkan mampu memberi tegangan lebih dari 24 jam tanpa mengalami penurunan tegangan.
2. SCC mampu mengatur pengisian baterai tanpa mengalami overcharge ataupun overdischarge, dengan batas tegangan atas 14,5 V dan batas tegangan bawah 11,8.

5.2.Saran

1. Untuk kedepannya pengembangan diutamakan untuk data hasil pengukuran bisa direkam dan disimpan di sebuah basis data yang bisa diakses secara online untuk memudahkan proses maintainis.
2. Menambahkan tampilan LCD untuk memudahkan pemantauan lapangan oleh teknisi

Daftar Pustaka

- [1] deba168. (2014). *ARDUINO SOLAR CHARGE CONTROLLER (Version 2.0)*. Dipetik April 22, 2015, dari Instructable: www.instructable.com/id/ARDUINO-CHARGE-CONTROLLER-Version-20
- Jessika Toothman, Scott Aldous. (t.thn.). *How Solar Cells work*. Dipetik Januari 14, 2013, dari How Stuff Works?: <http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/solar-cell1.htm>
- Majumdar, S. (2011, Desember 25). *How to Build a Solar Panel Voltage Regulator, Charger Circuit, Charger Circuit at Home*. Dipetik Januari 8, 2013, dari Homemade Circuit Design Just for You: How to Build a Solar Panel Voltage Regulator, Charger Circuit, Charger Cicuit at Home: <http://homemadecircuitsandschematics.blogspot.com/2011/12/how-to-build-solar-panel-voltage.html>
- Mitchell, B. (t.thn.). *Acces point wireless*. Dipetik Desember 26, 2012, dari About.com : translate.google.com/translate?hl=en&sl=auto&tl=id&u=http://compnetworking.about.com/cs/wireless/g/bldef_ap.htm
- Suswanto, H. (1998, Januari). *Konsep Mikrokontroler*. Dipetik 11 11, 2012, dari mikrokontroler.tripod: <http://mikrokontroler.tripod.com/6805/bab1.htm>
- Wawang, S. L. (2012, Agustus 13). *Sedikit-banyak tentang akumulator*. Dipetik Januari 13, 2013, dari Campur Aduk: <http://suyanwarwawang.blogspot.com/2012/08/sedikit-banyak-tentang-akumulator.html>
- Withburn, G. (t.thn.). *How Solar Panel Work*. Dipetik 11 11, 2013, dari exploringgreentechnology.com: <http://exploringgreentechnology.com/solar-energy/how-solar-panels-work/>