

TUGAS AKHIR
ANALISIS CHARGING STATION BERBASIS ARDUINO
MENGGUNAKAN SOLAR CELL 50 WP

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh :

DWI FITRIADI

1607220012



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA UTARA
MEDAN
2020

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dwi Fitriadi

NPM : 1607220012

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP

Bidang Ilmu : Sistem Tenaga

Telah Berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembanding I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding II



Dr. Muhamaad Fitrah Zambak, M.S,C

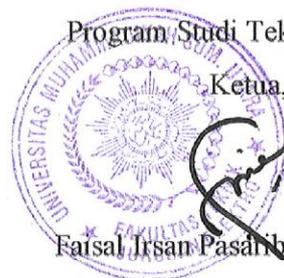
Dosen Pembimbing



Noorly Evalina, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dwi Fitriadi
Tempat /Tanggal Lahi : Medan / 31 Januari 1998
NPM : 1607220012
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, April 2020

Saya yang menyatakan,




Dwi Fitriadi

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Serta Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Supriadi Dan Nurmila, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Abangda Erdi, Abangda Wily, Muhammad Reza, Surya Habib Misbah, Al Fariq, Rendi Ramdhani, M. Rahmi, Darin Amanda, Putri Ira Lestari, Dicky Hardianto, Andra, Rika.
8. Teman-teman seperjuangan Elektro A3 Malam Stambuk 2016.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektronika.

Medan, April 2020

Dwi Fitriadi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii

ABSTRAK

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

BAB 2 Tinjauan Pustaka

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Sel Surya (<i>Solar Cell</i>).....	4
2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya	6
2.2.2 Jenis – Jenis Panel Surya	8
2.2.2.1 Poly-Crystalline	8
2.2.2.2 Mono- Crystalline	9
2.2.2.3 Amorphous	9
2.2.2.4 Thin Film Photovoltaic	9
2.3 Baterai.....	10
2.4 Charger	12
2.5 Pengontrolan Charger Baterai.....	13
2.5.1 Mikrokontroler	14
2.5.2 Display LCD	17
2.5.3 Modul Buck Converter	21
2.5.4 Modul Sensor Tegangan	22
2.5.5 Modul Relay.....	23

2.6 Arduino Uno	13
2.7 Dioda	20
2.7.1 Dioda Zener.....	21
2.7.2 LED(Ligth Emitting Diodes)	21
2.7.3 Photodioda	21

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.3.1 Hadware	25
3.3.1.1 Blok Diagram	25
3.3.1.2 Skematik Rangkaian Sistem.....	27
3.3.1.3 Rangkaian Keseluruhan	27
3.3.1.4 Rangkaian Solar Panel Dengan Charger Controler	28
3.3.1.5 Rangkaian Arduino Nano Dengan Sensor Tegangan	29
3.3.1.6 Rangkaian Arduino Nano Dengan LED	29
3.3.1.7 Rangkaian Arduino Nano Dengan Modul Relay 4 Channel	30
3.3.1.8 Rangkaian Arduino Nano Dengan LCD 12C 20x4	31
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	33
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
3.6 Analisa Data.....	34

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil	35
4.2 Analisa Sistem	36
4.2.1 Hasil Pengujian Panel Matahari (Solar Panel)	36
4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan.....	40
4.2.3Pengukuran Modul Charger Ponsel.....	42
4.2.4 Pengujian Regulator Tegangan	43
4.2.5Pengujian ModulCharger Kontrol	

Solar Cell Ke Bank Baterai.....	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Prinsip Kerja Panel Surya.....	7
Gambar 2.2 Monokristal.....	9
Gambar 2.3 Polikristal.....	10
Gambar 2.4 Thin Film Photovoltaic.....	11
Gambar 2.5 Kontruksi Baterai.....	12
Gambar 2.6 Solar Cell Charger.....	14
Gambar 2.7 Arduino.....	15
Gambar 2.8 LCD.....	16
Gambar 2.9 Modul Buck Converter.....	17
Gambar 2.10 Modul Sensor Tegangan.....	17
Gambar 2.11 Modul Relay.....	18
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem.....	21
Gambar 3.2 Rangkaian Keseluruhan.....	23
Gambar 3.3 Rangkaian Solar Panel Dengan Solar Charger Controller.....	24
Gambar 3.4 Rangkaian Arduino Nano Dengan Sensor Tegangan.....	25
Gambar 3.5 Rangkaian Arduino Nano Dengan LED.....	26
Gambar 3.6 Rangkaian Arduino Nano Dengan Modul Relay 4 Channel.....	27
Gambar 3.7 Rangkaian Arduino Nano Dengan LCD I2C 20x4.....	28
Gambar 3.8 Flowchart Sistem Charger Station.....	29
Gambar4.1 Foto rancangan sytem station charger station Tenaga matahari.....	29
Gambar4.2 Pengujian panel dengan menggunakan lampu halogen.....	32
Gambar4.3 Pengukuran arus dan tegangan keluaran panel tiap jam.....	32
Gambar4.4 Pengukuran output sensor tegangan.....	34
Gambar4.5 Pengukuran pada pin keluaran modul regulator.....	37
Gambar4.6 Pengukuran tegangan saat proses pengisian baterai Oleh panel.....	38
Gambar4.7 Pengukuran tegangan dan arus baterai mencapai 14,33V.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	18
Tabel 4.1.A Hasil pengukuran pada panel surya hari pertama.....	31
Tabel 4.1.B Hasil Pengukuran panel surya hari kedua	32
Tabel 4.1.C Hasil Pengukuran panel surya hari ketiga	33
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran input dan output sensor tegangan.....	35
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Charger Ponsel.....	37
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Regulator Tegangan	38
Tabel 4.5 Hasil Pengujian pengisian baterai bank oleh panel surya.....	39
Tabel4.1A Hasil Pengukuran pada panel surya hari pertama, Tanggal 7/9/2020	30
Tabel 4.1B Hasil Pengukuran pada panel surya hari kedua, Tanggal 8/9/2020	30
Tabel4.1C Hasil Pengukuran panel surya hari ke tiga, Tanggall 9/9/2020	31
Tabel4.2 Hasil Pengukuran input dan output sensor tegangan.....	33
Tabel4.3 Hasil Pengukuran charger ponsel.....	36
Tabel4.4 Hasil Pengukuran regulator tegangan.....	37
Tabel 4.5 Hasil Peujian pengisian baterai bank oleh panel surya.....	38

ABSTRAK

Kebutuhan energi yang terus meningkat berbanding terbalik dengan persediaan energi fosil yang terus menipis membuat tiap insan harus memikirkan energi alternatif terbarukan untuk menunjang kebutuhan energi. Saat ini telah dikembangkan sistem konversi cahaya matahari menjadi listrik yang disebut panel surya. Kelemahan sumber energi ini adalah jika cahaya menjadi kurang atau pada saat malam hari. Permasalahan sistem panel surya adalah bagaimana menyimpan energi yang ada pada baterai dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk itu serta berapa daya yang dapat diberikan oleh panel sebesar 50WP selama waktu operasional dari jam 8:00 hingga jam 17:00. Dalam hal ini daya yang dihasilkan akan digunakan sebagai suatu stasiun charger untuk pengisian baterai ponsel. Ruang lingkup penelitian adalah tentang pemanfaatan cahaya matahari untuk mengisi ulang baterai. Stasiun charger yang dibangun berbasis mikrokontroler Arduino sebagai pengendali sistem. Metode yang digunakan adalah panel surya mengubah cahaya menjadi listrik kemudian disimpan pada baterai bank oleh sebuah solar charger controller. Dari baterai tersebut arus dialirkan ke masing – masing cabang modul charger ponsel. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pengukuran pada hari pertama sampai hari ketiga yang tertinggi mencapai 53,28 watt, dan Hasil pengujian pengisian baterai bank oleh panel yang tertinggi mencapai 33,6 watt dan dapat disimpulkan bahwa alat bekerja sesuai tujuan. Pemilihan kapasitas panel dan baterai dapat mendukung kebutuhan charger ponsel selama 24 jam.

Kata Kunci : Sel Surya, Charger, Arduino, Energi terbarukan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara – negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi utama. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi lain yang dapat diperbaharui. Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu sumber energi yang memenuhi syarat tersebut adalah energi matahari. Dengan menggunakan *solar cell*, cahaya matahari yang ditangkap oleh *solar cell* dapat dirubah menjadi energi listrik. *Solar cell* merupakan suatu alat yang terbuat dari bahan semikonduktor terdiri dari beberapa sel. Penerapan *solar cell* ini telah banyak digunakan di negara – negara berkembang dan maju. Oleh karena itu, energi matahari dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Pada saat ini, teknologi dibidang komunikasi dan informasi berkembang sangat pesat salah satunya ialah *smartphone* sebagai salah satu alat komunikasi dan informasi. Sebagaimana kita ketahui, *handphone* atau lebih dikenal dengan *smartphone* telah menjadi kebutuhan yang dimiliki oleh setiap orang. Kegunaan *smartphone* tidak hanya sebatas untuk menelpon atau mengirim pesan singkat. Di zaman sekarang *smartphone* digunakan untuk melakukan beragam macam hal seperti untuk mengambil gambar dengan fasilitas atau fitur kamera yang terdapat di *smartphone*, memutar lagu dan bahkan kita dapat mencari informasi apa saja yang kita inginkan dengan menggunakan jaringan internet ataupun WiFi.

Seperti kebanyakan alat elektronik lainnya, *smartphone* juga membutuhkan energi listrik untuk dapat beroperasi. Sumber energi listrik *smartphone* berasal dari sebuah baterai, apabila baterai tersebut dipakai secara terus – menerus maka energi

baterai yang tidak bersifat kontiniu akan cepat habis. Hal ini akan menyebabkan kinerja *smartphone* akan berkurang, jadi perlunya pengisian kembali pada baterai *handphone* tersebut. Sebelumnya telah dibuat sistem pengisian baterai *handphone* dengan memanfaatkan panel surya sebagai *chargerhandphone* di tempat umum. Dari hasil penelitian tersebut terdapat panel surya sebagai pemberi sumber energi listrik ke baterai aki dan baterai aki sebagai penyimpan energi listrik. Namun, dari penelitian tersebut tidak terdapat pengontrolan pemakaian pengisian baterai *handphone*. Apabila hal ini terjadi secara terus – menerus, maka baterai aki yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik akan cepat habis sehingga membuat umur baterai aki tidak tahan lama.(Haryadi & Syahrillah, 2016)

Pada penelitian ini, peneliti ingin membuat sebuah sistem pengisian baterai *smartphone* dengan menggunakan panel surya sebagai sumber energi listrik dan baterai sebagai penyiman dan pemberi energi listrik ke *smartphone*. Sistem ini dibangun terdiri dari beberapa komponen elektronika seperti Arduino, LCD 20x4, modul relay dan lain – lainnya. Oleh karena itu, dalam penyelesaian penelitian ini dibuatlah judul ”**Analisis Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 Wp**“.

1.2 Rumusan Masalah

Dari berbagai uraian di atas maka dapat dirumusan permasalahan, antara lain:

1. Bagaimana hubungan antara daya yang dihasilkan Solar Cell dengan intensitas cahaya pada jam operasional (08.00-17.00).
2. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai 20 Ah dari panel surya50 WP agar dapat menyuplai beban uang terdapat pada charger station.
3. Bagaimana analisis terhadap karakteristik charging station berbasis arduino menggunakan Solar Cell 50 WP.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian yang penulis lakukan yaitu :

1. Menganalisis daya yang dihasilkan Solar Cell.
2. Menganalisis pengisian dan penyuplaian pada baterai Solar Cell.
3. Menganalisis karakteristik charging station yang telah diaplikasikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini antara lain :

1. Untuk mengetahui hubungan antara daya yang dihasilkan Solar Cell dengan intensitas cahaya pada jam operasional (08.00-17.00).
2. Mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai 20 Ah dari panel surya 50 watt agar dapat menyuplai beban yang terdapat pada charger station.
3. Mampu menganalisis charging station berbasis arduino menggunakan Solar sel 50 WP.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini ialah :

1. Sumber energi yang ramah lingkungan, tidak menyebabkan polusi udara tanah dan air.
2. Membantu kebutuhan listrik tanpa menyebabkan polusi udara.
3. Membantu orang yang membutuhkan charging.
4. Mengetahui efisiensi dari alat yang telah dirancang.
5. Untuk memperluas wawasan penulis terhadap kemajuan teknologi.
6. Dapat membantu mengurangi masalah kerusakan lingkungan (sumber daya ramah lingkungan) karena daya listrik yang dihasilkan berasal dari alam, tidak dari hasil energi mekanik yang sampai saat ini masih menghasilkan emisi yang dapat merusak alam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Kebutuhan akan energi semakin lama semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan akan energi ini tidak bisa dipengaruhi hanya dengan mengandalkan energi fosil seperti minyak, gas, dan batubara karena ketersediaannya semakin lama semakin berkurang. Jalan satu-satunya adalah pemerintah harus lebih serius memanfaatkan energi lain yaitu energi terbarukan seperti panas bumi, hydro, surya, bio, samudra, angin, coal bed methane. (Direktorat jendral energi baru terbarukan dan konversi energi, 2014)

Energi terbarukan atau renewable energi merupakan solusi alternative dalam memenuhi kebutuhan energi yang terus meningkat. Sumber energi terbarukan yang tersedia secara langsung yaitu matahari. Matahari dapat memenuhi semua kebutuhan energi manusia dapat memanfaatkannya secara efektif. Karena matahari akan tetap bersinar sampai jutaan tahun lamanya. Energi yang disediakan matahari secara langsung dapat dimanfaatkan dalam bentuk panas ataupun listrik. Apabila energi matahari dimanfaatkan dalam bentuk listrik maka diperlukan *solar cell*.

Solar cell merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek photovoltaic untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik tanpa penggunaan dari bagian-bagian mekanis yang bergerak dan tanpa penggunaan bahan bakar. Sel surya terbuat dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Semikonduktor adalah suatu bahan yang mempunyai sifat konduktor dan isolator yang baik.

2.2 Solar Cell

Solar cell merupakan komponen semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik arus searah (DC) dengan memanfaatkan energi matahari. Ketika solar cell menerima foton dari suatu sumber cahaya, maka elektron akan terlepas dari

struktur atomnya. Elektron yang terlepas menjadi bebas bergerak di dalam bidang kristal sehingga terjadilah arus.

Elektron adalah partikel sub atom yang bermuatan negatif, sehinggasilikon paduan dalam hal ini disebut sebagai semikonduktor jenis N (negatif). Semikonduktor jenis P juga terbuat dari kristal silikon yang di dalamnya terdapat sejumlah kecil material lain (umumnya boron) yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu elektron bebas. Kekurangan atau hilangnya elektron ini disebut lubang (hole). Karena tidak ada atau kurangnya elektron yang bermuatan listrik negatif, maka silikon paduan dalam hal ini sebagai semikonduktor jenis P (positif). Silikon berperan sebagai isolator pada temperatur rendah dan sebagaikonduktor bila ada energi dan panas. Dapat diperkirakan kita tidak akan kekurangan silikon karena kira-kira 25% dari kerak bumi adalah silikon. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegangan 0,5 Volt. Pada sel surya terdapat sambungan (junction) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (negatif). Semikonduktor jenis N dibuat dari kristal silikon dan terdapat juga sejumlah material lain (umumnya fosfor) dalam batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan elektron bebas. Semikonduktor merupakan bahan yang mempunyai struktur dasar sepertiisolator tetapi energi gap-nya lebih kecil yaitu kurang dari 1 elektron volt (eV). Oleh karena energi gap-nya tidak terlalu besar, maka eksitasi termal sangat memungkinkan bagi elektron untuk bergerak dari pita valensi ke pita konduksi melewati energi gap tersebut. Pada suhu 0 oK pita valensi terisi hampir penuh dan pita konduksi hampir kosong sehingga pada keadaan ini bahan bersifat isolator. Akan tetapi apabila suhu dinaikkan, sebagian elektron valensi memperoleh energi termal yang lebih besar dari energi gap. Oleh karena itu elektron-elektron dapat bergerak menuju pita konduksi sebagai elektron hampir bebas. Kekosongan elektron pada pita valensi disebut hole (lubang) yang mempunyai peran sama pentingnya seperti elektron yaitu sebagai penghantar listrik. Pada keadaan inibahan bersifat konduktor dengan pembawa muatan berupa elektron.

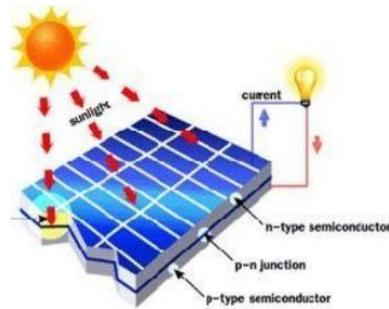
Intensitas cahaya matahari memiliki pengaruh yang penting baik pada arus short current, tegangan open circuit, Fill factor, efisiensi, dan hambatan seri maupun hambatan paralel. Intensitas cahaya dinyatakan dalam jumlah matahari, dimana

satu matahari sesuai standar iluminasi pada AM 1,5 atau 1 kW/m². Arus short circuit secara langsung berhubungan dengan jumlah foton yang diserap oleh material semikonduktor dan kemudian sebanding dengan nilai intensitas cahaya, sedangkan tegangan open circuit hanya berubah sedikit ketika intensitas cahaya rendah. Intensitas cahaya matahari mungkin dapat berbeda setiap hari, hal ini menyebabkan energi yang masuk ke sel surya juga akan berubah-ubah, bervariasi antara 0 sampai 1 kW/m² (Adityawan, 2010).

Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material adhesivetransparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan, material antirefleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. (Shodiq, 2017)

2.2.1 Prinsip Kerja Solar Cell

Secara umum struktur sel surya terdiri dari beberapa lapisan tipis yaitu lapisan elektroda belakang (back contact), lapisan absorber tipe-p, lapisan transparan tipe-n dan lapisan elektroda depan (front-contact). Untuk kerja dari sel surya ditunjukkan dengan memperhatikan parameter efisiensi. Untuk menunjukkan unjuk kerja sel surya, efisiensi tergantung pada spektrum dan intensitas pancaran cahaya matahari dan suhu sel surya. Oleh karena itu kondisi tersebut harus diperhatikan, jika ingin membandingkan unjuk kerja dari satu sel surya dengan sel surya lainnya. Sel surya yang digunakan untuk aplikasi terrestrial, diukur berdasarkan kondisi pada spektrum AM 1,5 pada suhu 250.



Gambar 2.1 Ilustrai Prinsip Kerja Solar Cell

Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan pirantisemikonduktor diode, Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semikonduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semikonduktor menyebabkan aliran medan listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik. (Shodiq, 2017)

Secara sederhana solar sel terdiri dari persambungan bahansemikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran electron. Aliran electron ini yang disebut sebagai aliran arus listrik.(Aditia, 2017)

Cahaya matahari terdiri dari foton-foton dengan panjang gelombang 1001000 nm yang apabila mengenai permukaan bahan sel surya yaitu pada absorber (penyerap), maka cahaya tersebut akan diserap, dipantulkan dan dilewatkan dengan persentase tergantung dari sifat bahan. Foton-foton dengan tingkat energi tertentu dapat menyebabkan terbentuknya elektron dan hole. Elektron dan hole yang terbentuk akan bergerak menuju ke arah mayoritas pembawa muatannya sehingga terjadi arus listrik. Agar elektron dan hole bisa mengalir, maka energi foton harus sedikit lebih besar dari energi gap. Apabila energi foton terlalu besar dibandingkan energi gap, maka kelebihan energi tersebut akan diubah dalam bentuk panas pada sel surya. Oleh karena itu penting sekali untuk mengatur bahan yang digunakan pada sel surya agar cahaya dapat diserap sebanyak mungkin sehingga efisiensi sel surya lebih tinggi. Sinar matahari yang terdiri dari

photonphoton, jika menimpa permukaan bahan solar sel (absorber), akan diserap, dipantulkan atau dilewatkan begitu saja, dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan electron dari ikatan atomnya, sehingga mengalir arus listrik. Level energi tersebut disebut energi band-gap yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan electron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Untuk membebaskan electron dari ikatan kovalennya, energi foton (hc/v harus sedikit lebih besar atau diatas daripada energi band-gap). Jika energi foton terlalu besar dari pada energi band-gap, maka ekstra energi tersebut akan dirubah dalam bentuk panas pada solar cell.

2.2.2 Jenis-Jenis Solar Cell

Solar cell adalah mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Solar cell mempunyai beberapa jenis yaitu, poly-crystalline, mono-crystalline, amorphous, thin film photovoltaic.

2.2.2.1 Poly-Crystalline (Polikristal)

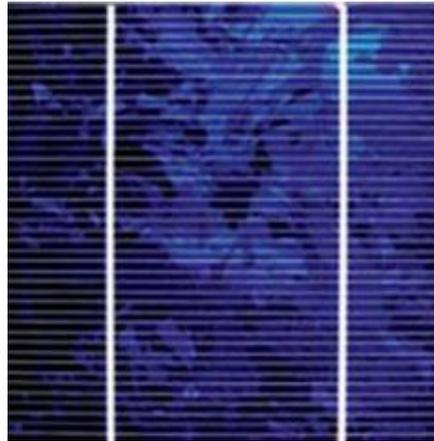
Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Jenis ini biasanya terdiri dari 28 – 36 sel surya dengan ukuran panjang 8,5 cm, lebar 5 cm, dan ketebalan 0.3 mm untuk satu keping selnya.



Gambar 2.2 Monokristal

2.2.2.2 Mono-Cristalline (Monokristal)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2.3 Polikristal

2.2.2.3 Amorphous

Amorphous silicon (a-Si) telah digunakan sebagai bahan sel surya photovoltaik pada kalkulator. Meskipun kemampuannya lebih rendah dibandingkan sel surya jenis c-Si, hal ini tidak penting pada kalkulator, yang memerlukan energi yang kecil.

2.2.2.4 Thin Film Photovoltaic

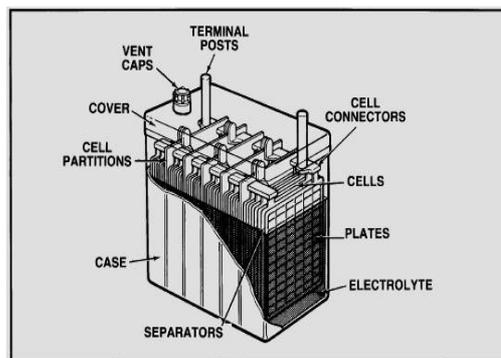
Merupakan panel surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah Thin Film Triple Junction PV (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara. (Shodiq, 2017)



Gambar 2.4 Thin Film Photovoltaic

2.3 Baterai

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energy yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikkan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversible adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel.



Gambar 2.5 Kontruksi Baterai

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya di dalam dapat diputar kembali. Kelebihan

dari pada baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka waktu yang panjang.

Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Ukuran baterai yang dipakai sangat tergantung pada ukuran panel dan load pattern. Ukuran baterai yang terlalu besar baik untuk efisiensi operasi tetapi mengakibatkan kebutuhan investasi yang terlalu besar. Sebaliknya ukuran baterai terlalu kecil dapat mengakibatkan tidak tertampungnya daya yang lebih. Baterai tersebut mengalami proses siklus menyimpan dan mengeluarkan, tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama waktu adanya matahari, panel surya menghasilkan daya listrik. Daya yang tidak digunakan dengan segera dipergunakan untuk mengisi baterai. Selama waktu tidak adanya matahari, maka suplai daya listrik disediakan oleh baterai. (Aditia, 2017).

Kemampuan kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai lithium tergantung pada beberapa banyak ion lithium yang dapat disimpan dalam struktur bahan elektrodanya dan berapa banyak yang dapat digerakkan dalam proses charging dan discharging, karena jumlah arus elektron yang tersimpan dan tersalurkan sebanding dengan jumlah ion lithium yang bergerak. Pada saat charging, material katoda akan terionisasi dan menghasilkan ion lithium bermuatan positif dan berpindah ke dalam elektrolit menuju material anoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju elektroda negatif (anoda). Ion lithium ini akan masuk ke dalam material anoda melalui mekanisme interkalasi yaitu tanpa terjadi perubahan struktur kristal dari bahan katoda dan anoda. Dan pada saat discharging akan terjadi aliran ion dan elektron dengan arah kebalikan dari proses charging.

Kapasitas suatu baterai adalah menyatakan besarnya arus listrik (Ampere) batere yang dapat disuplai / dialirkan ke suatu rangkaian luar atau beban dalam jangka waktu (jam) tertentu, untuk memberikan tegangan tertentu Kapasitas batere (Ah) dinyatakan sebagai berikut :

$$C = I \times T$$

Dimana $C = \text{Kapasitas baterai (Ah)}$

$I = \text{Besarnya arus yang mengalir (A)}$

$T = \text{Waktu (jam)}$

(Manggini, 2016)

2.4 Charger

Charger adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi battery dengan arus konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis ke level yang aman tepatnya yang telah ditentukan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan battery telah terisi penuh. Didalam rangkaian battery charger terdapat rangkaian regulator dan rangkaian comparator. Rangkaian regulator berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran agar tetap konstan, sedangkan rangkaian comparator berfungsi untuk menurunkan arus pengisian secara otomatis pada battery pada saat tegangan pada battery penuh ke level yang aman tentunya dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga menyebabkan indikator aktif menandakan battery telah terisi penuh. (Mertasana, 2017)



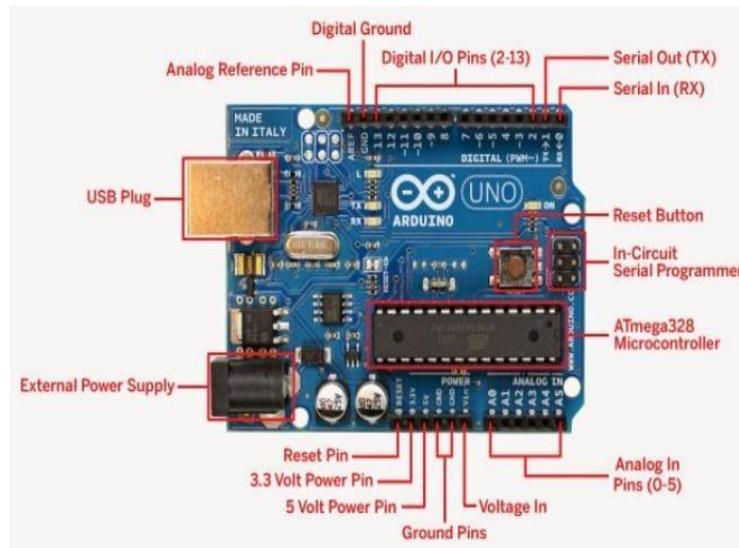
Gambar 2.6 Solar Cell Charger

2.5 Pengontrolan Charging Baterai

Pada pengontrolan charging baterai penulis masih belum menemukan jurnal yang melakukan penelitian tentang ini. Pengontrolan ini menggunakan Arduino, LCD, Module Buck Converter, Modul Sensor Tegangan, Modul Relay.

2.6 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari board Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino, untuk suatu perbandingan dengan versi sebelumnya.



Gambar 2.2 Bentuk Fisik Arduino Uno

2.5.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Lebih lanjut, mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (*Personal Computer*) yang memiliki beragam fungsi.

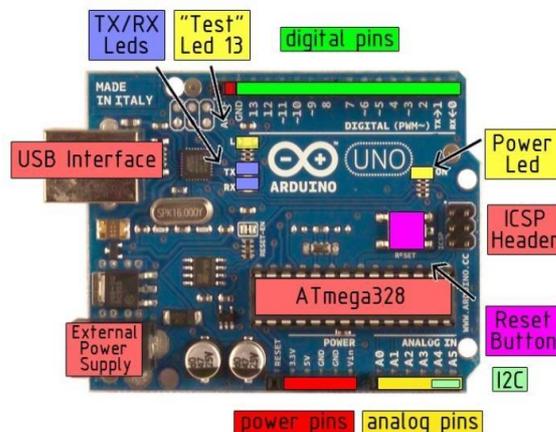
Perbedaan lainnya adalah perbandingan RAM dan ROM yang sangat berbeda antara komputer dengan mikrokontroler.

Arduino merupakan sebuah *board minimum system* mikrokontroler yang bersifat *open source*. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari Atmel (Feri Djuandi, 2011).

Menurut Sulaiman (2012:1), arduino merupakan *platform* yang terdiri dari *software* dan *hardware*. *Hardware* Arduino sama dengan mikrokontroler pada umumnya hanya pada arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software* Arduino merupakan *software open source* sehingga dapat di download secara gratis. *Software* ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke dalam Arduino. Pemrograman Arduino tidak sebanyak tahapan mikrokontroler konvensional karena Arduino sudah didesain mudah untuk dipelajari, sehingga para pemula dapat mulai belajar mikrokontroler dengan Arduino.

Menurut Santosa (2012:1), arduino adalah *kit* elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel.

Berdasarkan pengertian yang dikemukakan diatas dapat disimpulkan bahwa arduino merupakan *kit* elektronik atau papan rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel serta *software* pemrograman yang berlisensi *open source*.



Gambar 2.3 Bentuk Fisik Arduino Uno

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan ketika hendak memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan *board* mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian *loader* terpisah untuk memasukkan program ketika memprogram mikrokontroler. *Port* USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin masukan analog dan 14 pin digital *input/output*. Untuk 6 pin analog bisa difungsikan sebagai *output*(keluaran) digital jika diperlukan *output* digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam *board* bisa dilihat pin digital diberi keterangan 0-13, sehingga untuk menggunakan pin analog menjadi *output* digital, pin analog pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin *output* digital 14-16.

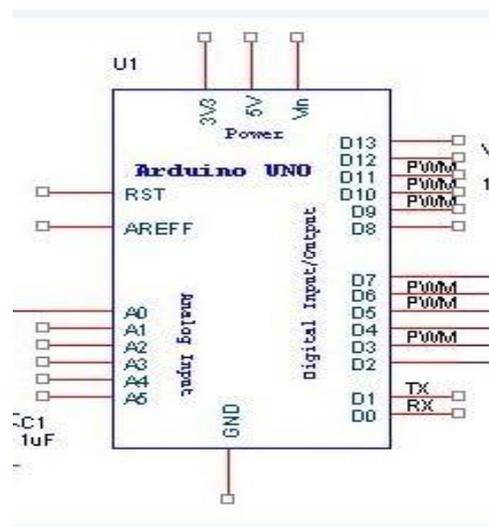
Sifat *open source* arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri dalam menggunakan *board* ini, karena dengan sifat *open source* komponen yang dipakai tidak hanya tergantung pada satu *merk*, namun memungkinkan bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan syntax bahasa pemrogramannya sehingga mempermudah dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler. Deskripsi Arduino UNO:

Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

(Sumber : www.insauin.blogspot.com)



Gambar 2.4 Rangkaian Arduino Uno

2.5.2 Display LCD

LCD merupakan salah satu perangkat penampil yang sekarang ini mulai banyak digunakan. Penampil LCD mulai dirasakan menggantikan fungsi dari penampil CRT (Cathode Ray Tube), yang sudah berpuluh-puluh tahun digunakan manusia sebagai penampil gambar/text baik monokrom (hitam dan putih), maupun yang berwarna. Teknologi LCD memberikan keuntungan dibandingkan dengan teknologi CRT, karena pada dasarnya, CRT adalah tabung triode yang digunakan sebelum transistor ditemukan.

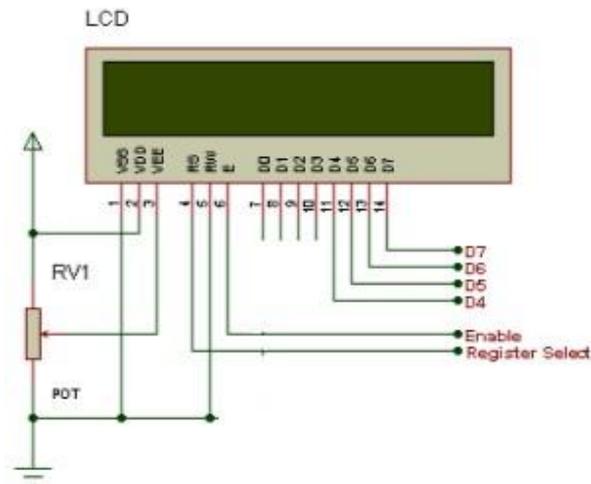
Beberapa keuntungan LCD dibandingkan dengan CRT adalah konsumsi daya yang relative kecil, lebih ringan, tampilan yang lebih bagus, dan

ketika berlama-lama di depan monitor, monitor CRT lebih cepat memberikan kejenuhan pada mata dibandingkan dengan LCD.



Gambar 2.8 Liquid Crystal Display LCD

LCD memanfaatkan silikon atau gallium dalam bentuk kristal cair sebagai pemancar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom adalah sebuah LED terdapat sebuah bidang latar (backplane), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah. Daerah-daerah tertentu pada cairan akan berubah warnanya menjadi hitam ketika tegangan diterapkan antara bidang latar dan pola elektroda yang terdapat pada sisi dalam lempeng kaca bagian depan. Keunggulan LCD adalah hanya menarik arus yang kecil (beberapa *microampere*), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah tampilan yang diperlihatkan dapat dibaca dengan mudah di bawah terang sinar matahari. Di bawah sinar cahaya yang remang-remang dalam kondisi gelap, sebuah lampu (berupa LED) harus dipasang dibelakang layar tampilan.



Gambar 2.9 Rangkaian Minimum LCD

LCD yang digunakan adalah jenis LCD yang menampilkan data dengan 2 baris tampilan pada display. Keuntungan dari LCD ini adalah :

1. Dapat menampilkan karakter ASCII, sehingga dapat memudahkan untuk membuat program tampilan.
2. Mudah dihubungkan dengan port I/O karena hanya menggunakan 8 bit data dan 3 bit control.
3. Ukuran modul yang proporsional.
4. Daya yang digunakan relatif sangat kecil.

Operasi dasar pada LCD terdiri dari empat, yaitu instruksi mengakses proses internal, instruksi menulis data, instruksi membaca kondisi sibuk, dan instruksi membaca data. ROM pembangkit sebanyak 192 tipe karakter, tiap karakter dengan huruf 5x7 dot matrik. Kapasitas pembangkit RAM 8 tipe karakter (membaca program), maksimum pembacaan 80x8 bit tampilan data. Perintah utama LCD adalah Display Clear, Cursor Home, Display ON/OFF, Display Character Blink, Cursor Shift, dan Display Shift.

Lapisan film yang berbasis Kristal cair diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah ditanami elektroda logam transparan. Saat tegangan disatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul – molekul Kristal cair akan menyusun diri agar cahaya yang mengenainya akan dipantulkan atau diserap. Dari hasil pemantulan atau penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk pola huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang di aktifkan.

LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sangat populer untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrument elektronika lain seperti Global Positioning System (GPS), baragraph display dan multimeter digital. LCD umumnya dikemas dalam bentuk Dual In Line Package (DIP) dan mempunyai kemampuan untuk menampilkan beberapa kolom dan baris dalam satu panel. Untuk membentuk pola, baik karakter maupun gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode Screening.

Metode screening adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan suatu baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua. Penggunaan metode ini dimaksudkan untuk menghemat jalur yang digunakan untuk mengaktifkan panel LCD. Saat ini telah dikembangkan berbagai jenis LCD, mulai jenis LCD biasa, Passive Matrix LCD (PMLCD), hingga Thin-Film Transistor Active Matrix (TFT-AMLCD). Kemampuan LCD juga telah ditingkatkan dari yang monokrom hingga yang mampu menampilkan ribuan warna.

2.7 Dioda

Dioda adalah komponen elektronika yang hanya memperbolehkan arus listrik mengalir dalam satu arah sehingga dioda biasa disebut juga sebagai “Penyearah”. Dioda terbuat dari bahan semikonduktor jenis silicon dan germanium. Dioda terbuat dari penggabungan dua tipe semikonduktor yaitu tipe P (Positive) dan tipe N (Negative), kaki dioda yang terhubung pada semikonduktor tipe P dinamakan “Anode” sedangkan yang terhubung pada semikonduktor tipe N disebut “Katode”. Pada bentuk aslinya pada dioda terdapat tanda cincin yang melingkar pada salah satu sisinya, ini digunakan untuk menandakan bahwa pada sisi yang terdapat cincin tersebut merupakan kaki Katode. Arus listrik akan sangat mudah mengalir dari anoda ke katoda hal ini disebut sebagai “Forward-Bias” tetapi jika sebaliknya yakni dari katoda ke anoda, arus listrik akan tertahan atau tersumbat hal ini dinamakan sebagai “Reverse-Bias”.



Gambar 2.5 Bentuk dan simbol dioda

Jenis-Jenis dioda:

2.7.1 Diode Zener

Ketika tegangan reverse-bias maksimum diberikan kepada dioda, maka arus listrik akan mengalir seperti layaknya pada keadaan forward-bias. Arus listrik ini tidak akan merusak dioda jika tidak melebihi dari apa yang telah ditentukan. Ketika tegangan reverse-bias ini dapat dikendalikan pada level tertentu maka dioda ini disebut sebagai Dioda Zener.

2.7.2 LED (Light Emitting Diodes)

LED merupakan jenis dioda yang jika diberikan tegangan forward-bias akan menimbulkan cahaya dengan warna-warna tertentu seperti merah, hijau, dan kuning.

2.7.3 Photodioda

Photodioda adalah dioda yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya, dimana jika photodioda terkena cahaya maka photodioda bekerja seperti dioda pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka photodioda akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir

2.5.3 Modul Buck Converter

Module buck converter merupakan alat yang dapat mengkonversikan tegangan *input* DC yang tinggi menjadi tegangan *output* DC yang lebih rendah. Module ini sangat penting dalam sistem yang menggunakan rentang tegangan (seperti 24 sampai 48 volt) yang akan dikonversi menjadi nilai tegangan tertentu seperti 5V, 12V atau 15V. *Module buck converter* menggunakan sebuah transistor yang digunakan sebagai saklar yang akan berfungsi untuk mengalirkan dan memutuskan tegangan masukan ke sebuah induktor. Alat ini adalah salah satu

topologi DC – DC konverter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan kendali pensaklaran. Komponen utama pada topologi *module buck converter* ialah penyaklar, dioda *freewheel*, induktor dan kapasitor.



Gambar 2.9 Modul Buck Converter

2.5.4 Modul Sensor Tegangan

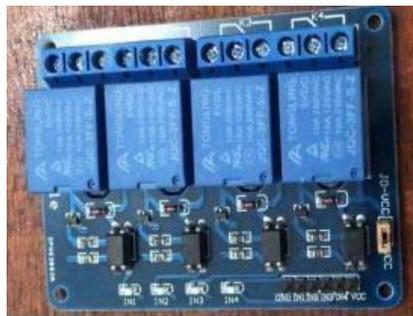
Modul sensor tegangan merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi tegangan listrik DC ataupun AC. Penulis pada alat yang akan dibuat menggunakan sensor tegangan DC untuk mendeteksi tegangan listrik pada baterai. Modul ini memiliki 5 pin, yang terbagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama merupakan *input* dan kedua merupakan *output*. Tanda positif (+) pada modul merupakan pin VCC sedangkan tanda negatif (-) merupakan pin GND dan tanda S (keluaran) merupakan keluaran sinyal. Sisa pin dari modul tersebut sebagai masukan yang akan terhubung ke baterai. Dibawah ini merupakan jenis modul sensor tegangan DC.



Gambar 2.10 Modul Sensor Tegangan

2.5.5 Modul Relay

Relay merupakan saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (*electromagnetic*). Saklar pada relay akan terjadi perubahan posisi *off* ke *ON* pada saat diberikan energi elektromagnetik pada armatur relay tersebut. Modul relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). Saklar atau kontak relay dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor, pada saat diberikan energi listrik maka akan terjadi elektromagnetik yang dapat menggerakkan kontak. Modul relay yang ada dipasaran terdapat berbagai bentuk dan ukuran dengan tegangan kerja dan jumlah kontak yang bervariasi.



Gambar 2.11 Modul Relay

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.2 Tempat

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan merancang alat langsung di Laboratorium Teknik Umsu Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Glugur Darat Kecamatan Medan Timur Sumatera Utara.

3.1.3. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai dari bulan Februari s/d Maret 2020

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data, menganalisa data dan mengolah data dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Obeng digunakan pada saat mengukur tegangan dan arus.
2. Multitester digunakan untuk mengukur tegangan dan arus dari solar cell dan baterai.
3. Laptop untuk membuat laporan dan membuat data.
4. Solar cell mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik.
5. Baterai sebagai penyimpan energi listrik.
6. Charger untuk mengcas baterai.
7. Arduino sebagai alat kontrol.
8. LCD sebagai indikator kapasitas baterai.
9. Modul relay sebagai saklar.
10. Sensor tegangan.
11. Modul Buck Converter
12. LED sebagai indikator
13. Panel
14. Kabel
15. Handphone

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen, dimana penulis menguji coba alat dan mengambil data yang dibutuhkan. Adapun hardware dan software yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

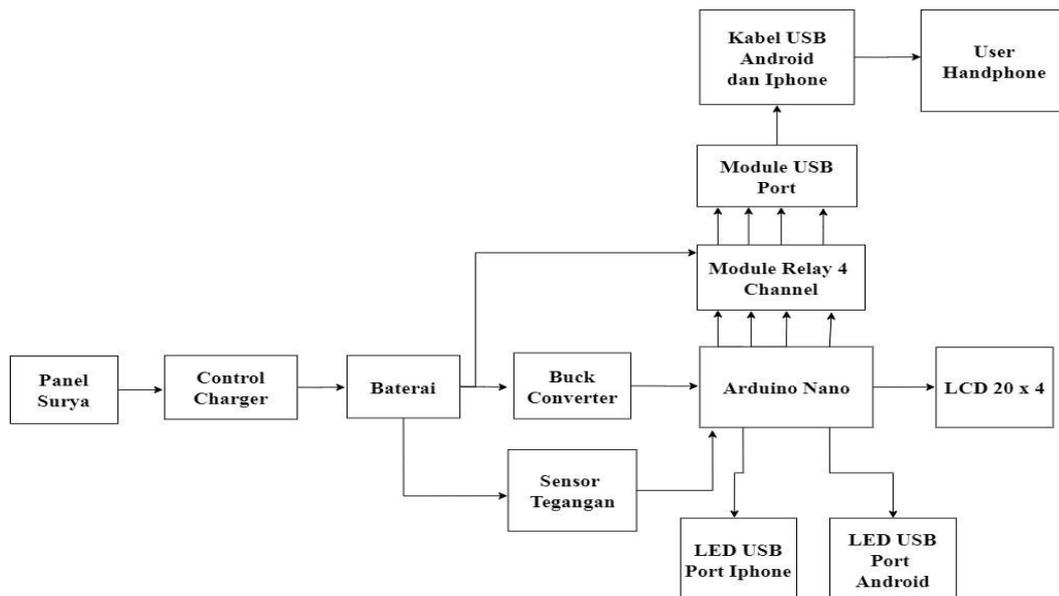
3.3.1 Hardware

Perancangan perangkat keras (*hardware*) dalam penelitian ini terdiri dari rangkaian yang saling terintegrasi satu sama lain seperti sensor tegangan DC (*direct current*), modul relay 4 channel, led hijau 5mm (sebagai lampu indikator port USB) dan LCD I2C 20x4 yang terhubung ke rangkaian pengendali(arduino). Perancangan perangkat keras dimulai dengan merancang blok diagram keseluruhan sistem, setiap blok sistem memiliki fungsi tersendiri dan begitu juga dengan skematik sistem. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1 blok diagram sistem dan gambar 3.2 skematik sistem.

3.3.1.1 Blok Diagram

Pada bagian ini penulis akan membahas blok diagram yang memiliki *input*, *process*, dan *output*. Bagian dari setiap blok diagram memiliki fungsi masing – masing. Diagram blok tersebut dapat dilihat dibawah ini, sebagai berikut

:



Gambar 3 1 Blok Diagram Sistem

Jika diperhatikan gambar blok diagram tersebut terdapat beberapa bagian blok yang memiliki fungsi masing – masing yaitu :

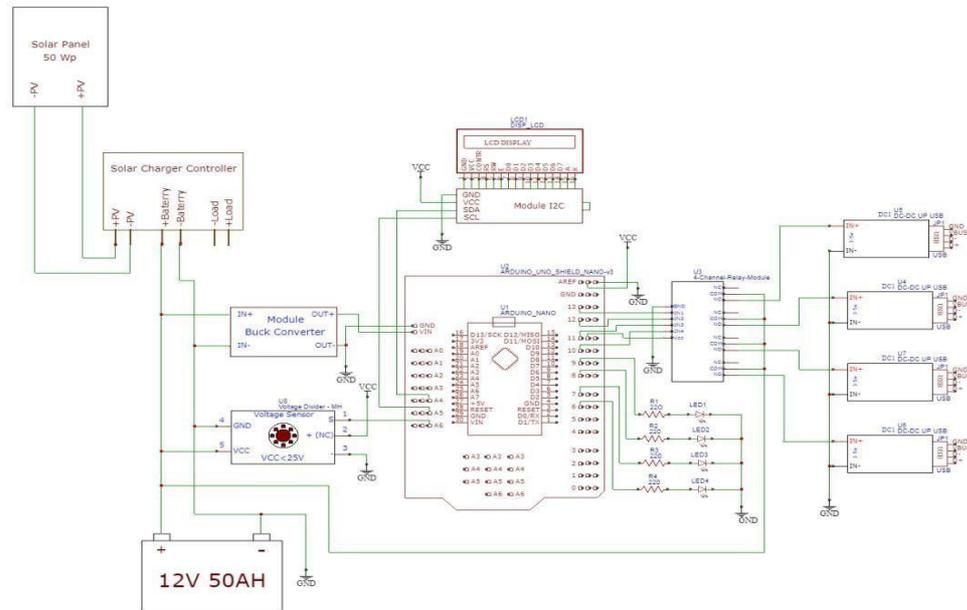
1. Panel Surya berfungsi sebagai pemberi energi listrik ke seluruh sistem, energi tersebut di simpan ke baterai 12V 20AH.
2. Control Charger berfungsi sebagai pengatur pengisian energi listrik ke baterai aki, apabila baterai aki sudah mencapai nilai maksimum maka alat ini secara otomatis akan memutuskan jalur dari panel surya ke baterai aki.
3. Baterai berfungsi untuk menyimpan dan mensupply energi listrik ke sistem.
4. Sensor Tegangan berfungsi sebagai pendeteksi tegangan baterai aki, apabila tegangan baterai aki hampir habis maka arduino nano akan membaca dan memproses nilai dari sensor tegangan. Kemudian akan memerintahkan modul relay 4 channel agar memutuskan saluran dari baterai aki ke modul *usb port*.
5. Buck Converter berfungsi sebagai penurun tegangan DC dengan *input* besar keluaran menjadi kecil.
6. Arduino Nano berfungsi sebagai pengendali dan pengontrol jalannya sistem alat tersebut.
7. Modul USB Port berfungsi untuk mensupply energi listrik DC ke *handphone*, sumber energi tersebut diambil dari baterai aki.
8. LED USB Port Iphone & Android berfungsi untuk indikator setiap *port usb*, jika LED hidup (aktif berwarna hijau) menandakan *port usb* tersebut masih dapat digunakan sedangkan LED mati (tidak aktif) menandakan *port usb* tersebut tidak dapat digunakan.
9. LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan atau memonitoring tegangan baterai aki dan indikator setiap *port usb*.
10. Kabel USB Android dan Iphone digunakan sebagai jalur energi listrik DC.

3.3.1.2 Skematik Rangkaian Sistem

Setiap bagian dari sistem komponen memiliki peran penting sesuai fungsi masing masing supaya sistem tersebut dapat berjalan sesuai yang direncanakan. Para proses perancangan skematik rangkaian sitem dilakukan dengan menggambar skematik rangkaian sistem menggunakan website bernama EasyEDA, setiap dari masing – masing komponen akan dihubungkan dengan Arduino Nano. Skematik rangkaian sistem digambar secara keseluruhan serta terpisah dengan komponen tertentu, seperti rangkaian solar panel dengan solar charger controller, rangkaian Arduino Nano dengan baterai, rangkain Arduino Nano dengan modul relay 4 channel, rangkaian Arduino Nano dengan led, rangkaian Arduino Nano dengan sensor tegangan dan rangkaian Arduino Nano dengan LCD 20x4. Adapun rangkaian – rangkaian tersebut adalah sebagai berikut.

3.3.1.3 Rangkaian Keseluruhan

Pada rangkaian keseluruhan ini terdapat semua kemponen – komponen yang digunakan dan saling terhubung satu sama lain. Rangkaian keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.3 rangkaian keseluruhan sebagai berikut :

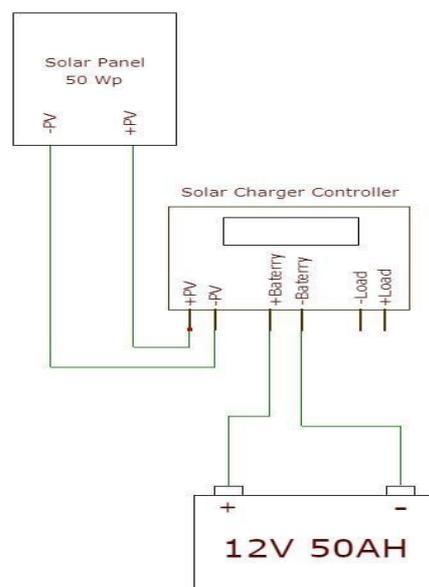


Gambar 3 2 Rangkaian Keseluruhan

Pada gambar tersebut terlihat komponen-komponen yang saling terhubung satu sama lain dengan Arduino Nano. Arduino Nano merupakan otak dari seluruh rangkaian yang mendapat tegangan dari baterai aki. Tegangan tersebut akan diberi ke board Arduino Nano agar sistem dapat bekerja semuanya, setelah itu Arduino Nano akan menjalankan perintah yang telah di tanamkan ke dalam memori sesuai dengan intruksi yang telah ditentukan. Diatas terdapat LCD 20x4 dimana LCD ini akan menampilkan nilai tegangan baterai aki dan indikator port usb.

3.3.1.4 Rangkaian Solar Panel Dengan Solar Charger Controller

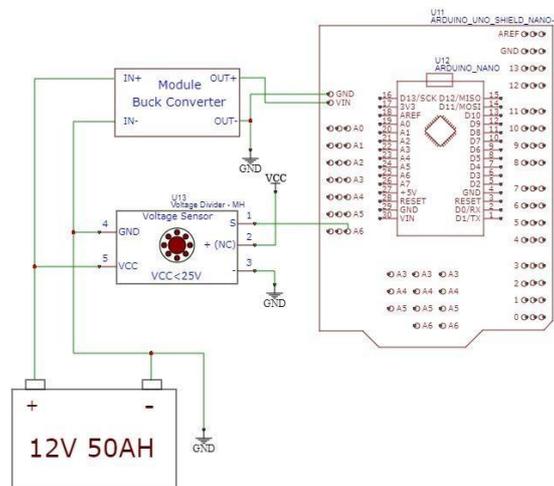
Pada rangkaian ini sumber energi yang digunakan untuk menyimpan energi listrik ke baterai aki ialah panel surya. Panel surya digunakan untuk memberi energi ke baterai aki sedangkan solar control panel digunakan untuk mengatur pengisian energi listrik ke baterai aki. Apabila kita perhatikan skematik dari rangkaian tersebut bahwa panel surya memiliki 2 pin yaitu pin -PV dan +PV, dari pin tersebutlah tegangan dan arus listrik mengalir sedangkan solar charger controller sendiri memiliki 6 pin, 2 pin digunakan untuk masukan dari solar panel dan 2 pin digunakan untuk masukan dari baterai aki serta 2 pin sisahnya merupakan digunakan untuk dihubungkan ke beban.



Gambar 3.3 Rangkaian Solar Panel Dengan Solar Charger Controller

3.3.1.5 Rangkaian Arduino Nano Dengan Sensor Tegangan

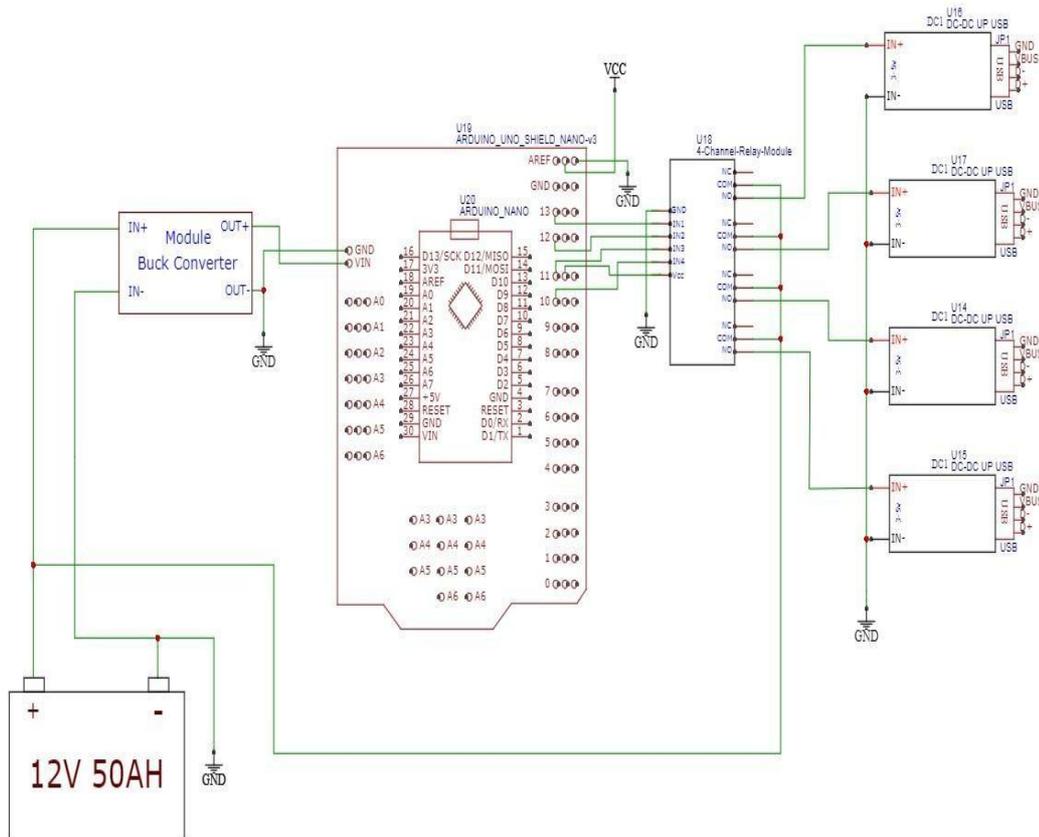
Apabila diperhatikan rangkaian tersebut, maka akan terdapat beberapa komponen seperti sensor tegangan dan Arduino Nano. Sensor tegangan berguna sebagai pendeteksi tegangan pada baterai aki. Sensor ini memiliki 5 pin, 2 pin sebagai masukan dan 3 pin lagi sebagai keluaran. 2 pin masukan tersebut dihubungkan ke baterai aki dan 3 pin yang sebagai keluaran, 2 pin dihubungkan ke VCC dan GND kemudian 1 pin lagi dihubungkan ke A6 pada Arduino Nano. Sensor tegangan akan mendeteksi tegangan baterai aki, nilai yang telah terbaca tersebut akan dikirimkan ke Arduino Nano.



Gambar 3 4 Rangkaian Arduino Nano Dengan Sensor Tegangan

3.3.1.6 Rangkaian Arduino Nano Dengan LED

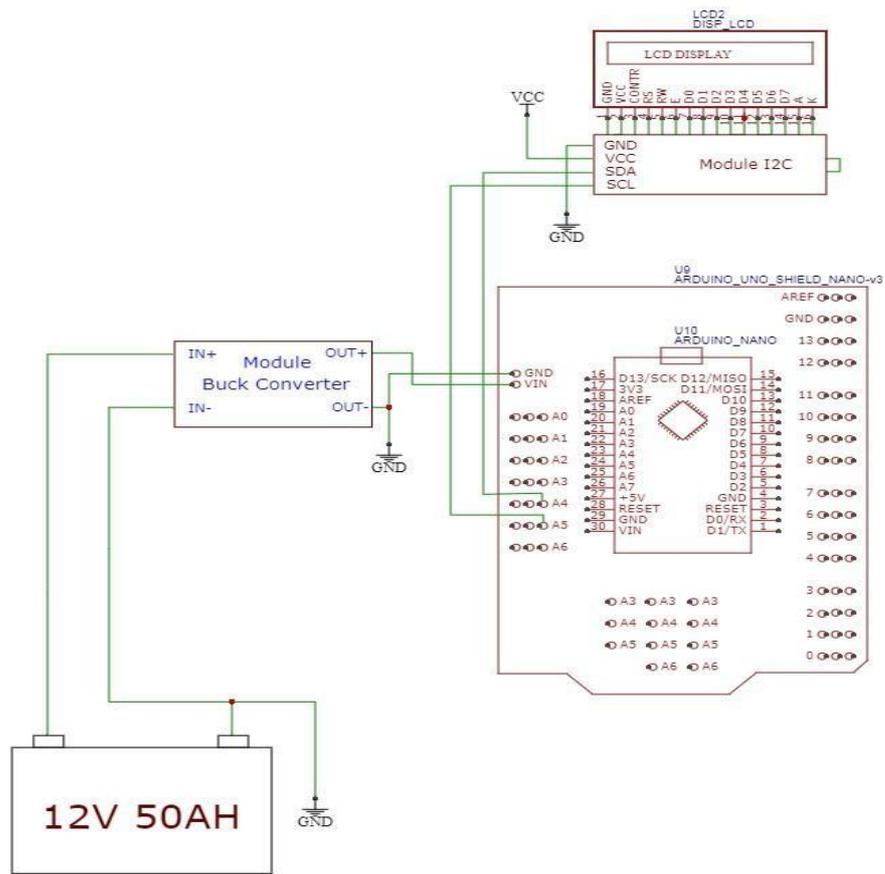
Pada rangkaian ini memiliki 4 buah LED, masing – masing LED tersebut digunakan sebagai indikator bahwa port usb dalam keadaan aktif atau tidak aktif. Setiap LED dihubungkan ke Arduino Nano. Ketika Arduino Nano aktifkan pin yang terhubung dengan LED, maka tegangan yang dikeluarkan oleh Arduino Nano bernilai 5V DC sedangkan pin Arduino Nano tidak diaktifkan akan bernilai 0V DC. Untuk rangkaian dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3 6 Rangkaian Arduino Nano Dengan Modul Relay 4 Channel

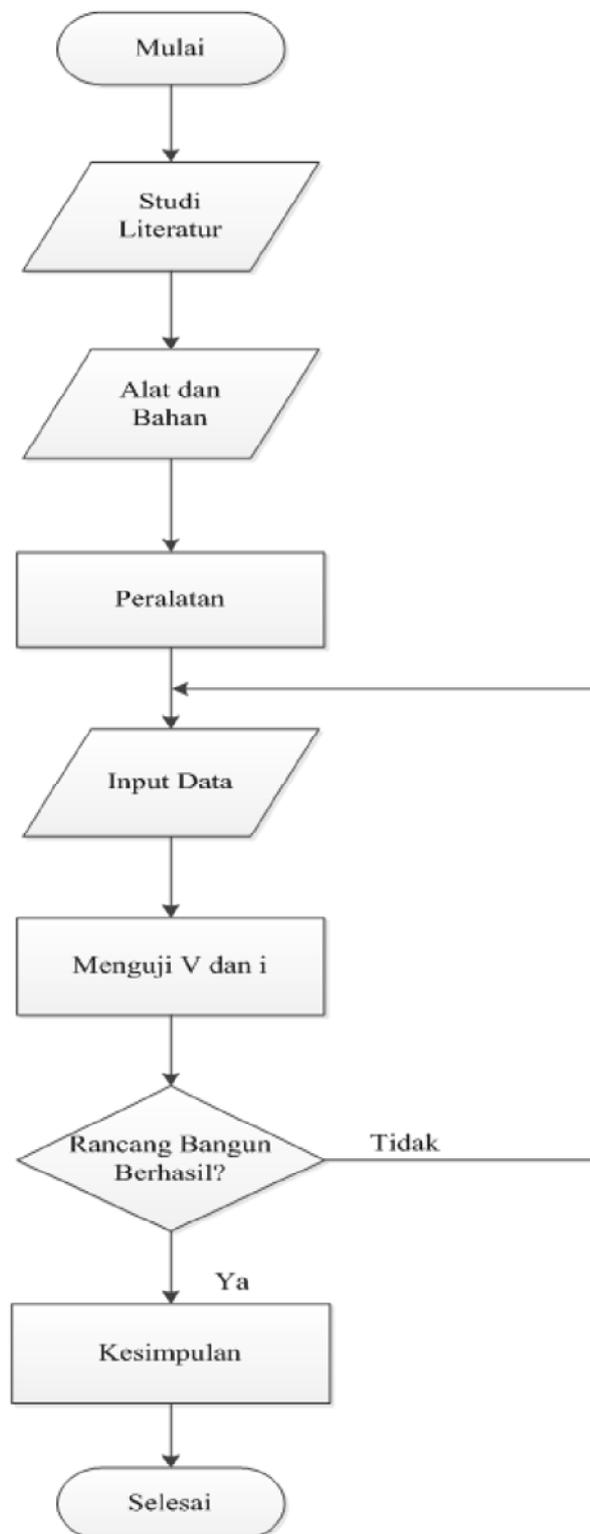
3.3.1.8 Rangkaian Arduino Nano Dengan LCD I2C 20x4

LCD I2C 20x4 merupakan suatu modul yang berguna untuk menampilkan karakter *alpha numeric* yang memiliki 20 kolom dan 4 baris karakter. Dengan menggunakan LCD kita dapat menampilkan nilai tegangan baterai aki yang dideteksi oleh sensor tegangan DC. Jika diperhatikan dengan seksama skema pada gambar 3.7 tersebut, pin pada LCD 20x4 yang terhubung pada Arduino Nano yang digunakan hanya 4 pin, 2 pin sebagai sumber sedangkan 2 pin lagi sebagai data. Pada skema tersebut penulis menggunakan I2C sebagai mempersingkat pin pada LCD 20x4 yang semulanya 16 pin menjadi 4 pin. LCD 20x4 beroperasi pada tegangan 5V DC, tegangan untuk mengoperasikan LCD 20x4 di ambil dari sumber Arduino Nano.



Gambar 3 7 Rangkaian Arduino Nano Dengan LCD I2C 20x4

3.4 Bagan Alir Penelitian



3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian dan pengambilan data direncanakan dilakukan pada bulan April s/d Mei 2020 bertempat di Laboratorium Teknik Umsu Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Glugur Darat Kecamatan Medan Timur Sumatera Utara.

1. Menentukan tema dengan cara melakukan studi literatur untuk memperoleh berbagai teori dan konsep untuk mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
2. Menyiapkan alat dan bahan.
3. Melakukan penelitian pada Baterai dan Solar Cell.
4. Mengumpulkan data hasil penelitian.
5. Mengolah data hasil penelitian.
6. Melakukan analisa pada data hasil penelitian.
7. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilaksanakan.
8. Selesai.

3.6 Analisis Data

Analisis data merupakan bagian yang sangat penting dalam metode ilmiah karena analisis data yang tepat dapat memberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian, sehingga akan didapat suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Proses analisis dimulai dengan menyusun seluruh data yang tersedia dari dokumentasi yang ada. Kemudian data hasil penelitian dianalisis secara tepat agar kesimpulan yang diperoleh benar dan sesuai dengan apa yang telah dilakukan.

Kegiatan yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini perlu memperhatikan beberapa tahapan agar penelitian tugas akhir ini mendapatkan hasil yang sesuai dan akurat. Adapun tahapan kegiatan tersebut yaitu menganalisis daya yang dihasilkan solar sel, menganalisis pengisian dan penyuplaian pada baterai solar cell dan menganalisis karakteristik charging station yang telah diaplikasikan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil penelitian adalah suatu kesimpulan dan data analisis tentang sebuah system charger station tenaga matahari. Data dikumpulkan berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap alat rancangan yang dibuat. Konsentrasi penulis adalah pada bagian analisis data hasil pengujian. Sesuai rumusan dan tujuan data yang dianalisa adalah besar daya yang diperoleh dari sebuah panel 50WP sepanjang jam operasi dan berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh panel surya untuk mengisi baterai 20AH yang digunakan hingga penuh. Selain itu juga analisa tentang karakteristik pengisian baterai atau charger yang dirancang dengan komponen elektronik. Sebelum melangkah kebagian analisa data selanjutnya perlu diketahui tentang apa yang telah dirancang dan bagaimana cara kerja sistem. Rancangan ini merupakan sebuah sistem yang bekerja sebagai charger ponsel atau charger station. Pada rancangan ini sistem yang dibuat bersifat mandiri, artinya tidak membutuhkan energy listrik dari PLN. Sistem menyerap energi cahaya dari matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Dengan demikian terdapat sebuah panel matahari atau surya sebagai alat konversi cahaya ke energi listrik. Rancangan ini menggunakan panel dengan daya 50WP sebagai pembangkit . Agar sistem charger station dapat beroperasi sepanjang hari maka dibutuhkan sebuah media penyimpan seperti baterai atau aki. Baterai akan menyimpan energy pada siang hari agar dapat digunakan pada saat mendung ataupun malam hari. Kapasitas baterai yang digunakan adalah sebesar 20AH . Tegangan yang dihasilkan oleh panel akan disimpan terlebih dahulu pada baterai tersebut. Setelah baterai menyimpan energi yang cukup maka energy tersebut akan disalurkan kebagian output untuk mengisi ulang ponsel. Bagian berikut akan dibahas hasil analisis dari pengujian yang telah dilakukan pada sistem charger station energy matahari.



Gambar 4-1 Foto rancangan system station charger station tenaga matahari.

4.2 Analisa Sistem

Analisa dilakukan pada setiap data pengujian yang memiliki turunan seperti perolehan daya ,energi, kapasitas dan sebagainya dengan cara menghitung dari data hasil pengujian atau pengukuran misalnya tegangan dan arus. Berikut adalah hasil pengujian dan analisa terhadap panel surya 50WP yang digunakan pada sistem charger station.

4.2.1 Hasil Pengujian Panel Matahari (Solar Panel)

Kapasitas panel surya yang digunakan untuk system charger station memiliki kapasitas daya 50WP. Panel diuji dengan cara mengukur tegangan keluaran dengan kondisi dijemur dibawah terik matahari. Pengujian dilakukan sepanjang hari untuk mengetahui energy yang diperoleh dalam 1 hari. Pengukuran dilakukan dengan beban 0 (tanpa beban) dan dengan beban resistor. Berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan pada pada panel surya selama 3 hari berturut-turut.

Tabel 4.1.a Hasil pengukuran pada panel surya hari pertama, Tanggal 7/9/2020.

Waktu	Tanpa beban (V)	Dengan Beban lampu pijar 50W (V)	Arus beban (A)	Daya beban (Watt)
08:00	9,92	8,71	3,02	26,30
09:00	11,21	9,56	3,11	29,73
10:00	12,33	11,89	4,08	48,51
11:00	15,72	12,27	4,26	5,27
12:00	18,14	12,41	4,31	53,28
13:00	19,01	12,32	4,27	52,60
14:00	17,91	12,23	4,24	51,85
15:00	15,87	12,09	4,16	50,29
16:00	11,34	11,83	4,07	48,14
17:00	12,21	11,67	4,02	46,13

Tabel 4.1.b Hasil pengukuran pada panel surya hari kedua , Tanggal 8/9/2020.

Waktu	Tanpa beban (V)	Dengan Beban lampu pijar 50W (V)	Arus beban (A)	Daya beban (Watt)
08:00	9,02	8,92	3,08	27,47
09:00	11,01	10,96	3,79	51,53
10:00	12,33	11,81	4,08	48,18
11:00	14,32	12,27	4,24	50,24
12:00	17,14	12,38	4,26	52,73
13:00	18,01	12,52	4,01	50,20

14:00	17,21	12,39	4,08	50,55
15:00	16,32	12,29	4,05	49,77
16:00	12,47	11,98	3,91	50,75
17:00	11,89	11,82	3,71	43,85

Tabel 4.1.c Hasil pengukuran pada panel surya hari ketiga , Tanggal 9/9/2020.

Waktu	Tanpa beban (V)	Dengan Beban lampu pijar 50W (V)	Arus beban (A)	Daya beban (Watt)
08:00	10,56	9,03	3,11	28,08
09:00	11,26	10,56	3,62	38,22
10:00	12,30	11,37	3,93	44,66
11:00	12,58	12,28	4,17	51,20
12:00	15,95	12,72	4,15	51,08
13:00	18,38	12,32	4,16	51,25
14:00	16,95	12,02	4,08	49,04
15:00	15,45	12,38	4,26	52,73
16:00	13,04	11,92	4,11	48,99
17:00	12,95	11,82	4,08	48,22



Gambar4-2 Pengujian panel dengan menggunakan lampu halogen 50 W.



Gambar 4-3. Pengukuran arus dan tegangan keluaran panel tiap jam.

Analisa:

Ketiga tabel diatas adalah hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan selama 3 hari. Tegangan dan arus diukur dengan voltmeter dan amper meter. Sedangkan daya beban dihitung dengan persamaan $P = V \times I$. Dari table diatas dapat dihitung energi yang diperoleh dari pagi jam 8 hingga jam 5 sore. Dengan asumsi tegangan tidak banyak berubah tiap jamnya ,maka energi yang diperoleh adalah jumlah daya perjam selama 10 jam.

Energi perhari dari panel 50WP adalah :

$$E = Wh_1 + Wh_2 + + Wh_{10}$$

Untuk hari pertama :

$$E =$$

$$26,30Wh+29,73Wh+48,51Wh+52,27Wh+53,28Wh+52,60Wh+51,85Wh+50,29Wh+48,14 Wh+46,13Wh$$

$$E = 459,1 \text{ Watt Hour}$$

Dengan cara yang sama , energi yang diperoleh hari kedua adalah : E

$$= 475,23 \text{ Watt Hour Dan}$$

hari ketiga :

$$E = 473,5 \text{ Watt Hour}$$

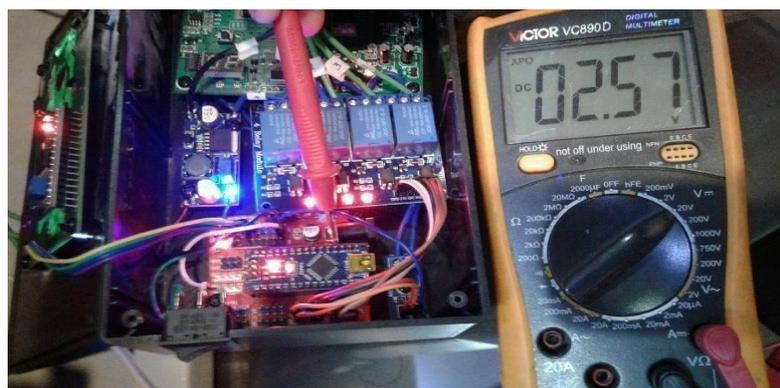
4.2.2 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sensor yang berfungsi membaca tegangan dan mengeluarkan output juga berupa tegangan namun pada skala yang kecil yaitu tidak melampaui tegangan baca mikrokontroler yaitu 5V. Dengan menggunakan prinsip pembagi tegangan sensor terdiri 2 buah resistor tetap yang berbeda nilainya. Rangkaian resistor dibuat seri sehingga terdapat 3 titik dimana titik 1 adalah masukan tegangan yang diukur, titik 2 adalah tegangan output setelah dibagi dan titik ketiga adalah ground. Pengukuran tegangan terlihat pada gambar 4.4 ada pada pin A0 Arduino karena output sensor terhubung pada pin tersebut. Sensor adalah resistor seri 30KOhm dan 7,5 KOhm. Terlihat tegangan input dibagi oleh sensor menjadi 0,25 tegangan output. Untuk menguji fungsi sensor dan linearitas sensor maka digunakan tegangan variabel ada input dan mengukur output dari sensor tersebut. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan dengan mengukur input dan output tegangan sensor.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran input dan output sensor tegangan.

Input(V)	Output(V)	Faktor kali
1,0	0,25	4,0
2,0	0,49	4,08
3,0	0,76	3,94
4,0	1,01	3,96

5,0	1,26	3,96
6,0	1,52	3,94
7,0	1,77	3,95
8,0	2,02	3,96
9,0	2,26	3,98
10,0	2,57	3,89
11,0	2,74	4,01
12,0	3,01	3,98
13,0	3,24	4,01
14,0	3,51	3,98
15,0	3,76	3,98



Gambar 4-4. Pengukuran output sensor tegangan

Analisa :

Faktor kali atau faktor pelemahan tegangan sensor dapat dicari dengan membagi input dengan output ,misalnya :

Faktor kali = $1/0,25 = 4$, Artinya adalah tegangan mengalami pelemahan 4 kali setelah melalui sensor. Selanjutnya adalah mencari rata-rata factor pengali dari pengukuran diatas.

Yaitu dengan menjumlahkan semua faktor kali dan membagi ratakan hasilnya adalah :

$$F \text{ rata-rata} = (F1 + F2 + \dots\dots Fn)/n$$

$$F \text{ rata-rata} = 3,71 \text{ kali}$$

Untuk itu ,setiap tegangan yang masuk akan dilemahkan sebesar 3,7 kali. Contoh tegangan baterai 12V yang masuk ke sensor akan menjadi 3,2V pada keluarannya.

Dan untuk menghitung data kalibrasi sensor tegangan dapat dilakukan seperti berikut :

Jika tegangan sensor 3,2V masuk ke Arduino maka akan diubah menjadi data digital ,yaitu : data digital = $3,2V/5V \times 1024 = 655,36$ satuan data.

Data ini mewakili tegangan 12V sebelum sensor. Untuk mengembalikan menjadi nilai 12V maka data tersebut harus dibagi dengan sebuah konstanta . Konstanta dapat dicari dengan membagikan nilai data dengan tegangan sebenarnya, yaitu:

$$K = \text{data} / V \text{ sebenarnya}$$

$$K = 655,36/12V$$

$$\text{Konstanta } K = 54,61/V$$

Nilai ini seterusnya akan digunakan oleh program untuk menghitung dan mengkalibrasi nilai sensor menjadi data tegangan sebenarnya.

4.2.3 Pengukuran Modul Charger Ponsel

Charger ponsel diukur dengan menggunakan voltmeter . Terdapat 4 cabang charger ponsel yang digunakan pada sistem. Berikut adalah hasil pengujian modul charger tersebut dengan menggunakan alat ukur tegangan.

Tabel 4.3. Hasil pengukuran charger ponsel

Tegangan input	Modul 1	Modul 2	Modul 3	Modul 4
0	0	0	0	0
5	4,2	4,7	4,3	4,1
10	5,01	5,02	5,01	5,01
12	5,02	5,03	5,02	5,02
15	5,02	5,03	5,03	5,02

Hasil :

Dari data diatas dapat dilihat bahwa modul akan memberikan tegangan output pada saat tegangan input berada diatas 5V. Tegangan akan stabil pada 5 V walaupun tegangan input dinaikkan.

4.2.4 Pengujian Regulator Tegangan

Regulator digunakan untuk menstabilkan tegangan. Dalam rancangan ini regulator digunakan untuk menurunkan tegangan pada 5V dan menstabilkannya. Tegangan tersebut digunakan untuk mensuplai Arduino, sensor ,display dan relay. Untuk menguji rangkaian regulator adalah sama dengan menguji sensor tegangan yaitu memberikan tegangan variabel pada masukan dan mengukur output regulator tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada table berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil pengukuran regulator tegangan.

Input (V)	Output (V)
0	0
1,0	0,22
2,0	0,57
3,0	1,76
4,0	3,01
5,0	4,26
6,0	4,98

7,0	4,99
8,0	5,01
9,0	5,01
10,0	5,02
11,0	5,01
12,0	5,03
13,0	5,02
14,0	5,04
15,0	5,04



Gambar 4-5. Pengukuran pada pin keluaran modul Regulator

Analisa :

Dari hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa regulator tegangan bekerja dengan baik untuk menstabilkan tegangan pada 5V. Tegangan tidak naik secara signifikan walaupun input dinaikkan. Dengan demikian dapat dikatakan regulator bekerja sempurna.

4.2.5 Pengujian Modul Charger Kontrol Solar Sell ke Bank Baterai

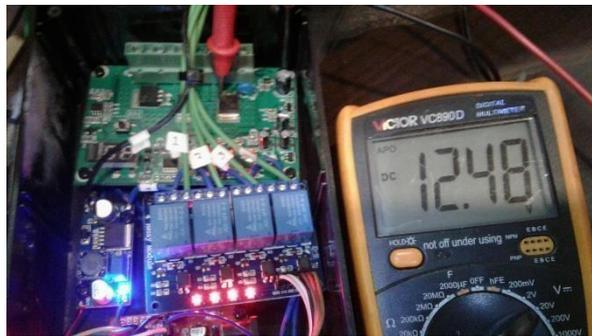
Pengujian dilakukan dengan menghubungkan output panel surya ke modul charger kontroler dan baterai. Panel surya harus dijemur dibawah terik matahari oleh karena itu pengujian dilakukan pada siang hari mulai jam 10 hingga jam 4

sore. Pengukuran dilakukan pada tegangan panel dan tegangan baterai serta arus yang mengalir ke baterai.

Hasil pengujian adalah sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil pengujian pengisian baterai bank oleh panel surya.

Waktu(Jam)	Tegangan panel(V)	Teganganbatere (V)	Arus panel (A)	Daya panel (W)
10:00	13,7	12,4	1,13	14,0
11:00	14,2	13,2	2,47	32,6
12:00	15,6	13,4	2,51	33,6
13:00	14,5	13,5	2,32	31,3
14:00	14,2	13,3	2,21	29,4
15:00	14,1	13,6	0,91	12,8
16:00	13,8	13,6	0,86	11,7



Gambar 4-6. Pengukuran tegangan saat proses pengisianbaterai oleh panel.



Gambar 4-7 Pengukuran tegangan dan arus saat tegangan baterai mencapai 14,37V.

Analisa :

Dari data pengujian diatas dapat dilihat bahwa baterai mendapat energy dari arus arus yang mengalir saat proses pengecasan. Kapasitas energi yang diterima adalah bergantung pada berapa lama arus mengalir ke baterai. Pada pengukuran diatas dapat dihitung kapasitas AH dengan cara menjumlahkan arus per tiap jam hingga selesai pengujian.

Berikut adalah hasil perhitungan AH yang diterima baterai.

$$AH = AH_1 + AH_2 + \dots + AH_n$$

$$AH = 1,13AH + 2,47AH + 2,51 AH + 2,32AH + 2,21AH + 0,91AH + 0,86AH$$

$$AH = 12,41 Ah$$

Sedangkan untuk mencari daya output panel adalah dengan menggunakan rumus:

$$P = V \times I$$

$$\text{Untuk } P_1 = 12,4V \times 1,13A = 14 W$$

Dan untuk mencari energy yang diberikan oleh panel surya sepanjang pengujian dilakukan adalah menjumlahkan semua daya per jam , yaitu :

$$E = (W_1 \times h_1) + (W_2 \times h_2) + \dots + (W_n \times h_n)$$

Karena data diambil tiap 1 jam maka $h = 1$, dengan demikian:

$$E = 14 Wh + 32,6Wh + 33,6Wh + 31,3Wh + 29,4Wh + 12,8Wh + 11,7Wh$$

$$E = 165,3 \text{ Watt hour}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Daya yang diperoleh panel surya berubah-ubah sepanjang hari tergantung pada intensitas cahaya matahari. Pada saat jam 8:00 pagi dan jam 5:00 mencapai angka tertinggi yaitu 53,28 watt. panel mendapat daya yang paling minimal karena sudut pancaran cahaya tidak tegak lurus sehingga penyerapan cahaya tidak maksimal.
2. Waktu yang dibutuhkan oleh panel untuk mengisi batere dengan kapasitas 20AH hingga penuh adalah 5 jam dengan catatan panel mendapat cahaya maksimal selama 5 jam mencapai angka tertinggi yaitu 33,6 watt. Arus yang dibutuhkan untuk mengisi batere 20AH hingga penuh. Dengan demikian pemilihan kapasitas panel surya telah mencukupi kebutuhan.
3. Hasil pengujian memberikan karakteristik charger station bahwa proses pengisian baterai tidak linear atau melainkan fluktuatif tergantung kondisi intensitas cahaya. Hal ini karena keadaan cahaya matahari yang berubah-ubah atau tidak konstan.

5.2 Saran

1. Alat dapat dikembangkan selain sebagai charger station juga dilengkapi dengan music dan lampu penerangan pada halte-halte bis maupun taman bermain.
2. Menggunakan panel surya dan baterai bank yang lebih besar untukantisipasi cuaca mendung sepanjang hari. Sehingga system tetap dapat beroperasi melayani kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aditia, F. R. (2017). *Perancangan Tenaga Surya Lampu Celup Bawah Air (Lacuba) Pada Bagan Apung*.
2. Haryadi, S., & Syahrillah, G. R. F. (2016). Rancang Bangun Pemanfaatan Panel
3. Surya Sebagai Charger Handphone Di Tempat Umum. *Teknik Mesin UNISKA*, 02(02), 114– 120
4. Manggini, A. (2016). *Perancangan Dan Pengujian Portable Photovoltaic Power Bank*. September.
5. Mertasana, P. A. (2017). *Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Daya Output Yang Di Hasilkan Pada PLTS Kayubih Kabupaten Bangli*.
6. Raharjo, P. (2013). *Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell Baterai PLN Menggunakan Programmable Logic Control*.
7. Shodiq, J. (2017). *Simulasi Performa Photovoltaics Berbahan Nanokristalin SnO₂*.
8. Sinaga, Y. (2019). *Analisa Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Mesin Pengeruk Sampah Otomatis*.
9. Riskha, Rizky dan dkk. *Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM*. Balikpapan: Politeknik Negeri Balikpapan.
10. Sugeng, Gusti dan Furgon (2017). *Rancang Bangun Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Charger Handphone Di Tempat Umum*. *Jurnal Vol. 02 No.*
11. **Abdul Kadir** 2013, *Panduan praktis mempelajari aplikasi mikrokontroler dan pemrogramannya menggunakan Arduino*, Penervit ANDI ,Jogyakarta.
12. **Muhammad Fajar Wicaksono** , 2017 *Mudah belajar Mikrokontroler Arduino*, penerbit Informatika, Jakarta.
13. **Abdul Kadir** 2019, *Arduino dan Sensor*, Penervit ANDI ,Jogyakarta.
14. **Jazi Eko Istiyanto** 2014, *Pengantar Elektronika dan instrumentasi, pendekatan Project Arduino & Android*, Penerbit ANDI ,Jogyakarta .
15. **Budi Raharjo** 2006, *Pemrograman C dan implementasinya*, penerbit Informatika, Bandung.
16. **Dayat Kurniawan** 2010, *Aplikasi elektronika dengan bahasa C*, Elex media Komputindo,

17. **Bagus Hari Sasongko** 2012, *Pemrograman Mikrokontroler dengan bahasa C*. Penerbit *ANDI*, Yogyakarta .