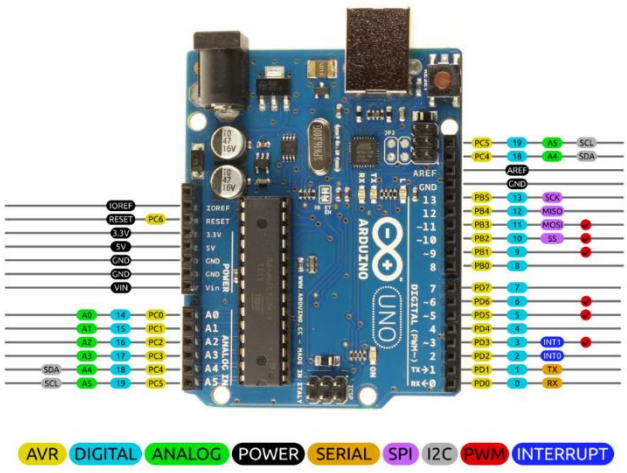
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang.

Hardware (perangkat keras) memiliki prosesor *Atmel AVR* dan *software* (perangkat lunak) memiliki bahasa pemrograman sendiri. *Open source IDE* yang digunakan untuk membuat aplikasi mikrokontroler yang berbasis *platform arduino*. Mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open source*, *hardware* dikembangkan untuk arsitektur mikrokontroller AVR 8 bit dan ARM 32 bit.

Dari pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa Arduino adalah kit atau papan rangkaian elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output seperti yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses, dan output sebuah rangkaian elektonik.



Gambar II-1 Arduino Uno

Hardware Arduino diprogram menggunakan bahasa pemrograman C/C++, yang sudah disederhanakan dan dimodifikasi Arduino mengikuti pola pemrogramsn Wiring (syntax dan library). Sementara untuk editor pemrograman nya (IDE – Intergrated Development Enviroment) dikembangkan dari Processing.

Software Arduino dapat dijalankan pada sistem operasi Windows, Macintosh OSX, dan Linux. Banyak sistem mikrokontroler lain hanya bisa dijalankan di Windows.

konfigurasi hardware arduino dibagi :

1. block regulator 5 volt dan 3.3V
2. block minimum sistem standar mikrokontroler
3. block pin (analog, digital dan power)
4. block ftdi untuk komunikasi dengan computer

Catu daya

1. VIN. Tegangan masukan untuk board Arduino apabila tidak sedang menggunakan USB. Misalnya dari adaptor. Anda juga dapat menyuplai tegangan Arduino pada jack DC yang tersedia.
2. 5V. Tegangan yang diregulasi. Ini bisa berasal dari tegangan masukan di pin VIN atau juga dari USB.
3. 3V3. Tegangan sebesar 3.3 volt yang dihasilkan dari chip FTDI (USB to TTL). Jumlah arus maksimum pada pin ini adalah 50 mA.

Setiap 14 pin digital dan 6 pin analog pada Arduino dapat digunakan sebagai input dan output, yaitu menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Setiap pin beroperasi pada tegangan 5V. Arus maksimum pada setiap pin ini adalah 40mA dan memiliki resistor pull-up internal. Disamping itu ada beberapa pin yang khusus yaitu:

1. Analog: A0 sampai A6. Digunakan untuk membaca input analog dengan resolusi 10 bit atau dengan nilai antara 0 – 1023. Misalnya digunakan untuk membaca tegangan pada sensor, potensiometer, dan sebagai nya.

2. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima dan mengirimkan serial data dalam bentuk TTL. Pin-pin tersambung dengan chip FTDI USB to TTL.
3. Interupsi ekternal: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasikan untuk memicu (trigger) interupsi pada keadaan low, rising/falling, atau change. Lihat penjelasan di fungsi attachInterrupt() untuk lebih jelas nya.
4. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan output PWM 8-bit yang dapat dioperasikan dengan fungsi analogWrite().
5. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini mendukung komunikasi SPI.
6. LED: 13. Disediakan LED yang terpasang ke pin digital 13.
7. I2C: 4 (SDA) dan 5 (SCL). Mendukung komunikasi I2C (TWI – Two Wire Interface) yang bisa dioperasikan menggunakan library Wire library.
8. AREF: Tegangan untuk input analog. Digunakan oleh fungsi analogReference().
9. Reset: Apabila pin ini diberi keadaan LOW, maka akan mereset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield agar memudahkan menekan tombol reset yang tertutup oleh shield.

Kode Program Arduino biasa disebut sketch dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C. Program atau sketch yang sudah selesai ditulis di Arduino IDE bisa langsung dicompile dan diupload ke Arduino Board. Secara sederhana, sketch dalam Arduino dikelompokkan menjadi 3 blok (lihat gambar di atas):

1. Header

2. Setup

3. Loop

Header Pada bagian ini biasanya ditulis definisi-definisi penting yang akan digunakan selanjutnya dalam program, misalnya penggunaan library dan pendefinisian variable. Code dalam blok ini dijalankan hanya sekali pada waktu compile. Di bawah ini contoh code untuk mendeklarasikan variable led (integer) dan sekaligus di isi dengan angka 13 int led = 13;

Setup Di sinilah awal program Arduino berjalan, yaitu di saat awal, atau ketika power on Arduino board. Biasanya di blok ini diisi penentuan apakah suatu pin digunakan sebagai input atau output, menggunakan perintah pinMode. Initialisasi variable juga bisa dilakukan di blok ini // the setup routine runs once when you press reset: void setup() { // initialize the digital pin as an output. pinMode(led, OUTPUT); } OUTPUT adalah suatu makro yang sudah didefinisikan Arduino yang berarti = 1. Jadi perintah di atas sama dengan pinMode(led, 1);

Suatu pin bisa difungsikan sebagai OUTPUT atau INPUT. JIka difungsikan sebagai output, dia siap mengirimkan arus listrik (maksimum 100 mA) kepada beban yang disambungkannya. Jika difungsikan sebagai INPUT, pin tersebut 11 memiliki impedance yang tinggi dan siap menerima arus yang dikirimkan kepadanya.

Loop Blok ini akan dieksekusi secara terus menerus. Apabila program sudah sampai akhir blok, maka akan dilanjutkan dengan mengulang eksekusi dari awal blok. Program akan berhenti apabila tombol power Arduino di matikan. Di sinilah fungsi utama program Arduino kita berada.

void loop() { digitalWrite(led, HIGH); // nyalakan LED
delay(1000); // tunggu 1000 milidetik
digitalWrite(led, LOW); // matikan LED
delay(1000); //tunggu 1000 milidetik }

Perintah digitalWrite(pinNumber,nilai) akan memerintahkan arduino untuk menyalakan atau mematikan tegangan di pinNumber tergantung nilainya. Jadi perintah di atas digitalWrite(led,HIGH) akan membuat pin nomor 13 (karena di header dideklarasi led = 13) memiliki tegangan = 5V (HIGH). Hanya ada dua kemungkinan nilai digitalWrite yaitu HIGH atau LOW yang sebetulnya adalah nilai integer 1 atau 0. Kalau sudah dibuat program diatas, selanjutnya kita ambil kabel

USB yang diikutsertakan pada saat membeli Arduino, pasangkan ke komputer dan board arduino, dan upload programnya. Lampu LED yg ada di Arduino board kita akan kelap-kelip. Sekedar informasi, sebuah LED telah disediakan di board Arduino Uno dan disambungkan ke pin 13. Selain blok setup() dan loop() di atas kita bisa mendefinisikan sendiri blok fungsi sesuai kebutuhan. Kita akan jumpai nanti pada saat pembahasan proyek. (Sumber: Septa Ajjie, 2016)

Arduino memiliki banyak kelebihan Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer. Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakan nya. Bahasa pemrograman relatif mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap. Memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board Arduino. Misalnya shield GPS, Ethernet, SD Card, dll.

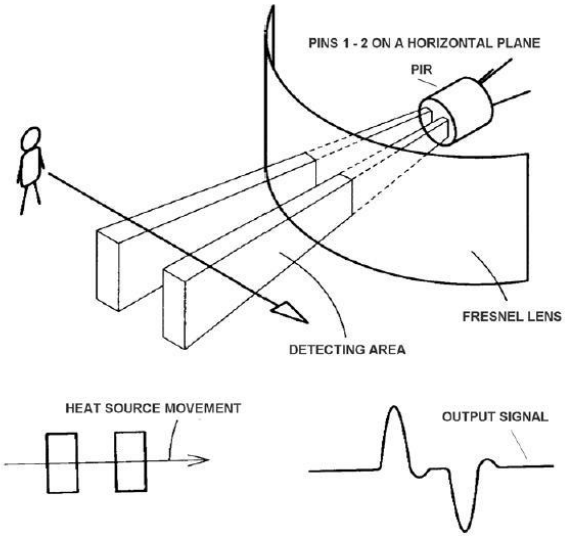
Spesifikasi:

1. Microcontroller Atmel ATmega328
2. Operating Voltage (logic level) 5 V
3. Input Voltage (recommended) 7-12 V
4. Input Voltage (limits) 6-20 V
5. Digital I/O Pins 14 (of which 6 provide PWM output)
6. Analog Input Pins 8
7. DC Current per I/O Pin 40 mA
8. Flash Memory 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
9. SRAM 2 KB (ATmega328)
10. EEPROM 1 KB (ATmega328)
11. Clock Speed 16 MHz
12. Dimensions 0.73″ x 1.70″.

2.2 Sensor PIR

Sensor PIR merupakan sebuah sensor berbasis infrared. Akan tetapi, tidak seperti sensor infrared kebanyakan yang terdiri dari IR LED dan *fototransistor*. PIR tidak memancarkan apapun seperti IR LED. Sesuai namanya "*Passive*", sensor ini hanya merespon energi dari pancaran sinar inframerah *pasif* yang dimiliki oleh setiap benda yang terdeteksi olehnya. Benda yang dapat dideteksi oleh sensor ini biasanya adalah tubuh manusia.[2]

Berikut adalah gambaran dari *Sensor PIR*:



Gambar II-2 Deteksi Sensor PIR

Sensor PIR ini bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar inframerah pasif yang dimiliki setiap benda dengan suhu benda diatas nol mutlak. Seperti tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh kira-kira 32 derajat celcius, yang merupakan suhu panas yang khas yang terdapat pada lingkungan. Pancaran sinar inframerah inilah yang kemudian ditangkap oleh Pyroelectric sensor yang merupakan inti dari sensor PIR ini sehingga menyebabkan Pyroelectic sensor yang terdiri dari galium nitrida, caesium nitrat dan litium tantalate menghasilkan arus listrik. Mengapa bisa menghasilkan arus listrik, Hal ini dikarenakan pancaran sinar inframerah pasif ini membawa energi panas. Prosesnya hampir sama seperti arus listrik yang terbentuk ketika sinar matahari mengenai solar cell.

Mengapa sensor PIR hanya bereaksi pada tubuh manusia saja, Hal ini disebabkan karena adanya IR Filter yang menyaring panjang gelombang sinar inframerah pasif. IR Filter dimodul sensor PIR ini mampu menyaring panjang gelombang sinar inframerah pasif antara 8 sampai 14 mikrometer, sehingga panjang gelombang yang dihasilkan dari tubuh manusia yang berkisar antara 9 sampai 10 mikrometer ini saja yang dapat dideteksi oleh sensor.

Jadi, ketika seseorang berjalan melewati sensor, sensor akan menangkap pancaran sinar inframerah pasif yang dipancarkan oleh tubuh manusia yang memiliki suhu yang berbeda dari lingkungan sehingga menyebabkan material pyroelectric bereaksi menghasilkan arus listrik karena adanya energi panas yang dibawa oleh sinar inframerah pasif tersebut. Kemudian sebuah sirkuit amplifier yang ada menguatkan arus tersebut yang kemudian dibandingkan oleh comparator sehingga menghasilkan output.

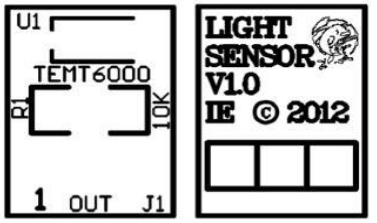
Ketika manusia berada di depan sensor PIR dengan kondisi diam, maka sensor PIR akan menghitung panjang gelombang yang dihasilkan oleh tubuh manusia tersebut. Panjang gelombang yang konstan ini menyebabkan energi panas yang dihasilkan dapat digambarkan hampir sama pada kondisi lingkungan disekitarnya. Ketika manusia itu melakukan gerakan, maka tubuh manusia itu akan menghasilkam pancaran sinar inframerah pasif dengan panjang gelombang yang bervariasi sehingga menghasilkan panas berbeda yang menyebabkan sensor merespon dengan cara menghasilkan arus pada material Pyroelectricnya dengan besaran yang berbeda beda. Karena besaran yang berbeda inilah comparator menghasilkan output.



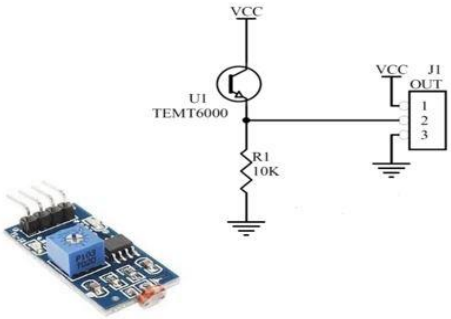
.Gambar II-3 Sensor PIR

2.3 DT Sense Light Sensor

DT-Sense Light Sensor merupakan modul sensor cahaya berbasis *Ambient Light Sensor* TEMT6000 yang berfungsi sebagai phototransistor NPN. Modul ini mengeluarkan tegangan yang proporsional terhadap intensitas cahaya yang diterima. Modul ini dapat diaplikasikan untuk mengukur intensitas cahaya di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Contoh aplikasi modul ini adalah sebagai sensor dalam sistem dimmer atau ON/OFF lampu otomatis, serta aplikasi-aplikasi lain



Alokasi Pin OUT (J1)			
Pin	Nama	Fungsi	
1	VCC	Input	Tegangan 2 – 5,5 VDC
2	Vout	Output	Output dari sensor
3	Ground	-	Titik referensi *ground*



yang memerlukan sensor cahaya.[3]

Berikut adalah spesifikasi dara DT Sense Light Sensor:

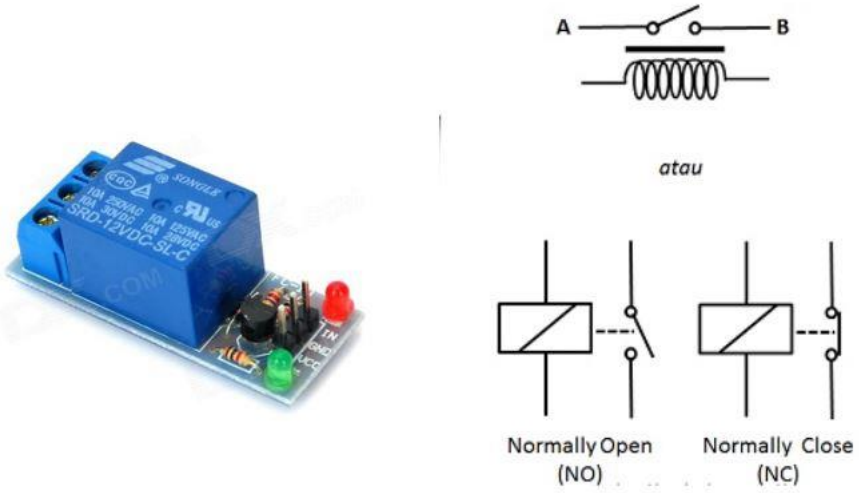
Gambar II-4 DT Sense Light Sensor beserta Datasheet

Untuk Pengujian sederhana dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Hubungkan VCC Input (pin 1) pada modul DT-SENSE dengan tegangan 5 Volt dan pin 3 dengan ground.
2. Ukur tegangan Vout (pin 2) pada modul DT-SENSE dengan voltmeter.
3. Jika modul berfungsi dengan baik, maka pada saat sebuah sumber cahaya diarahkan pada sensor atau ruangan makin terang, nilai tegangan Vout akan semakin besar.
4. Sebaliknya, jika modul ditutup atau ditaruh di tempat yang lebih gelap, maka nilai tegangan Vout akan semakin kecil.

2.4 Relay

Relay merupakan komponen elektronika berupa saklar atau *switch* yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau *elektromagnet* dan saklar atau mekanikal. Komponen relay menggunakan prinsip *elektromagnetik* sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang yang memiliki tegangan lebih tinggi. Berikut adalah gambar dan juga simbolnya:



Gambar II-5 Relay beserta simbolnya

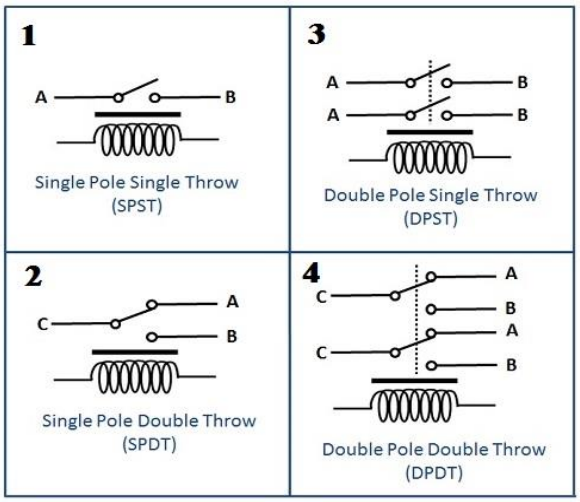
Karena Relay merupakan salah satu jenis dari Saklar, maka istilah *Pole* dan *Throw* yang dipakai dalam Saklar juga berlaku pada Relay. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai Istilah Pole and Throw : [4]

1. *Pole* : Banyaknya Kontak *(Contact)* yang dimiliki oleh sebuah relay
2. *Throw* : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Kontak *(Contact)*

Berdasarkan penggolongan jumlah Pole dan Throw-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

1. *Single Pole Single Throw* (SPST) : Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
2. *Single Pole Double Throw* (SPDT) : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.

3. *Double Pole Single Throw* (DPST) : Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil.
4. *Double Pole Double Throw* (DPDT) : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil.



Gambar II-6 Spst,Spdt,Dpst,Dpdt

Relay yang digunakan pada saat ini adalah modul relay SPDT *(single pole double throw)* yang memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap arus dan tegangan yang besar, baik dalam bentuk AC mapun DC.

Sebagai electronic switch yang dapat digunakan untuk mengendalikan ON/OFF peralatan listrik berdaya besar, berikut adalah spesifikasi relay:

1. Menggunakan relay HKE HRS4H-S-DC5V.
2. Menggunakan tegangan rendah +5V sehingga dapat langsung dihubungkan dengan sistem mikrokontroler Arduino Uno.
3. Tipe relay SPDT *(single pole double throw)*: 1 common, 1 NC (normally close) dan 1 NO (normally open).
4. Memiliki daya tahan sampai dengan 10A.

5. Pin pengendali dapat dihubungkan dengan pin mikrokontroler manasaja, sehingga membuat pemrogram dapat leluasa menentukan pin mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendalinya.

2.5 Lampu LED

Lampu LED merupakan lampu penerangan bertenaga baterai 12V DC 4W/8W. Lampu ini hemat energi dan cocok untuk pemakaian solar Panel, Emergency/Hybrid Lighting System, dan lain sebagainya. Berikut adalah spesifikasi dari Lampu LED:

1. Case material: aluminium (white coated) + PC
2. Input voltage: 12VDC.
3. Voltage range: 8 hinga 15 V AC/DC (dengan 12V DC stabilizer) intensitas cahaya stabil, tetapi bila tegangan turun dalam waktu lama lampu akan berkedip untuk menutupi kekurangan daya. Sedangan voltage range: 10,5 hingga 12,5V DC (tanpa stabilizer), intensitas cahaya tergantung voltase.[5]



Gambar II-7 Lampu LED

2.6 Baterai

Baterai adalah alat penyimpan energi yang diisi oleh aliran DC dari panel surya. Disamping menyimpan tenaga DC, baterai juga berfungsi mengubah energi kimia menjadi aliran listrik. Pada dasarnya ada dua jenis baterai, yaitu baterai primer (primary batteray) dan baterai sekunder (secondaru batteray). Baterai ABC adalah contoh alat penyimpan energi primer. Baterai primer ini biasanya tidak bisa diisi ulang. Baterai sekunder adalah baterai yang bisa diisi kembali, contohnya baterai merk Yuasa yang terpasang pada kendaran bermotor. Untuk sistem PLTS, hanya baterai sekunderlah yang kita pakai.

Tanpa menggunakan baterai, suplai aliran listrik dari sumber surya ke alat-alat pemakaian listrik akan berhenti pada malam hari atau ketika sinar matahari itu lenyap karena ditutupi oleh awan dan sebagainya.[6]



Gambar II-8 Baterai

2.7 Step Down USB DC

Modul *step down* ini dapat digunakan untuk menurunkan tegangan input 6-24V DC menjadi 5V DC USB, tegangan output 5V DC ini dapat digunakan sebagai *Charger USB HP/Smartphone/ipad/iphone* dan peralatan USB lainnya. Berikut adalah spesifikasi dari *Step Down USB DC*:[7]

1. Arus maksimum: 3A (cointinous 2A)
2. Tegangan Input: 6-24V DC
3. Tegangan Output: 5V DC
4. Port: USB
5. Efisiensi: maksimum 96%
6. Suhu kerja : -40^{o} s/d +85^{o}



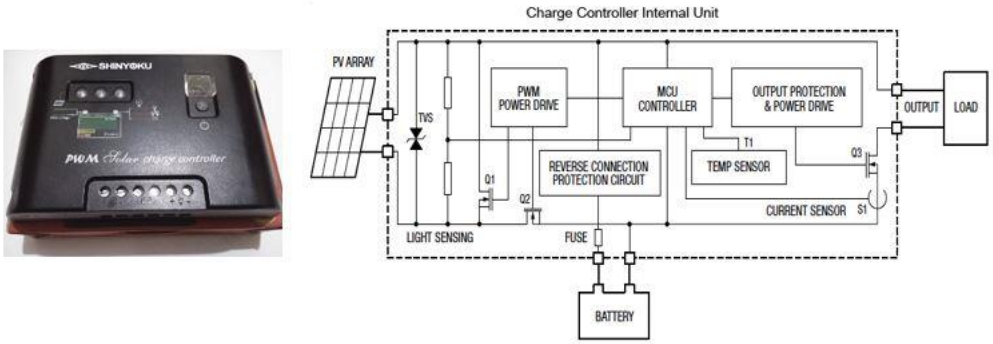
Gambar II-9 Step Down USB DC

2.8 Solar Charger Controler

Solar Charge Controller merupakan peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian – karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai, solar charge controller menerapkan teknologi *Pulse width modulotion* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban, Panel surya/solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt, Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan, baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 – 14.7 Volt.[8]

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage.*
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak *'full discharge'*, dan *overloading.*
3. Monitoring temperatur baterai



Gambar II-10 Solar Charge Controler

Fungsi dan fitur Solar Charge Controller:

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka controller akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah over charge,.. dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di dalam kondisi ini, listrik yang tersupply dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban / peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik.
2. Saat voltase di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban / peralatan listrik. Dalam kondisi voltase tertentu (umumnya sekitar 10% sisa voltase di baterai) , maka pemutusan arus beban dilakukan oleh controller. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel – sel baterai. Pada kebanyakan model controller, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna merah atau kuning) yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses charging. Dalam kondisi ini, bila sisa arus di baterai kosong (dibawah 10%), maka pengambilan arus listrik dari baterai akan diputus oleh controller, maka peralatan listrik / beban tidak dapat beroperasi.
3. Pada controller tipe – tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem PLTS dapat terdeteksi dengan baik.

Charging Mode Solar Charge Controller:

Dalam charging mode, umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charging:

1. Fase bulk: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk – antara 13.4 – 14.8 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
2. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charge controller timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

3. Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 – 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimun dari panel surya / solar cell pada stage ini.

Untuk solar charge controller yang dilengkapi dengan sensor temperatur baterai. Tegangan charging disesuaikan dengan temperatur dari baterai. Dengan sensor ini didapatkan optimun dari charging dan juga optimun dari usia baterai. Apabila solar charge controller tidak memiliki sensor temperatur baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperatur lingkungan dan jenis baterai.

Mode Operation Solar Charge Controller baterai akan melayani beban. Apabila ada over-discharge maupun over-load, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

2.9 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi. Pada umumnya, solar cell merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut 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. Pada sel surya terdapat sambungan *(function)* antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing - masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenis “P” *(positif)* dan semikonduktor jenis “N” *(Negatif).* Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin, sebagai terminal keluaran positif . Dibawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.[9]

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik di antara sebuah konduktor dan isolator. (Albert Paul Malvino, 2003: 35). Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip photovoltaic, adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada 1894. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi. Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor,tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV (1 eV = 1,60 x 10-19 J).

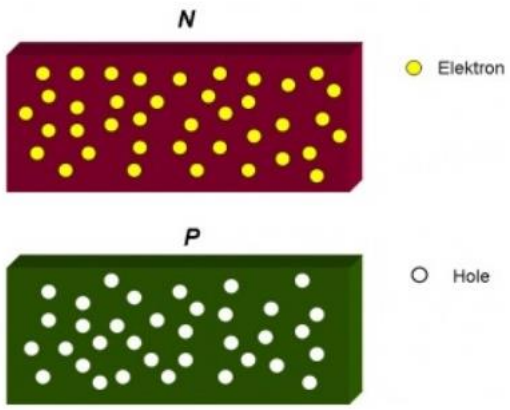


Gambar II-11 Panel Surya

Semikonduktor merupakan sebuah elemen dengan kemampuan listrik di antara sebuah konduktor dan isolator. *(Albert Paul Malvino, 2003: 35).* Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip photovoltaic, adanya energi dari cahaya *(foton)* pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energy

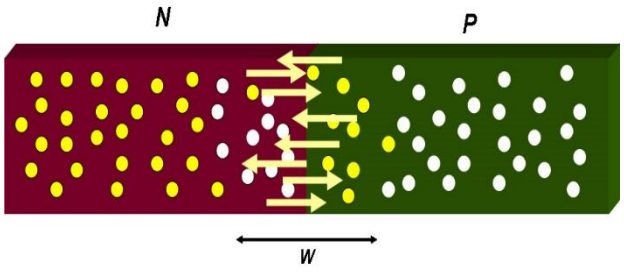
Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, *(n = negatif).* Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p *(p = positif)* karena kelebihan muatan positif. Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikoduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi *(metallurgical junction)* yang dapat digambarkan sebagai berikut.

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung



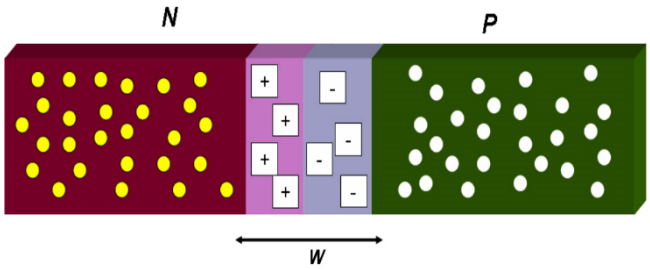
Gambar II-12 Semikonduktor P dan N sebelum disambung

2. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



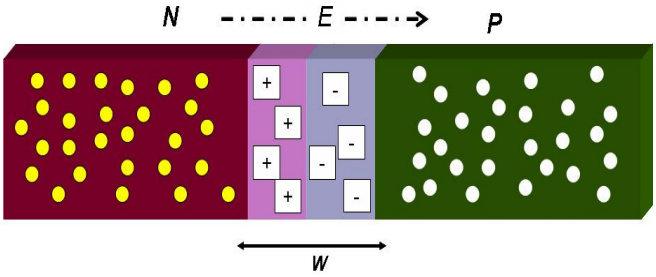
Gambar II-13 Semikonduktor P dan N setelah disambung

3. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama. hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



Gambar II-14 Semikonduktor N bersatu dengan hole

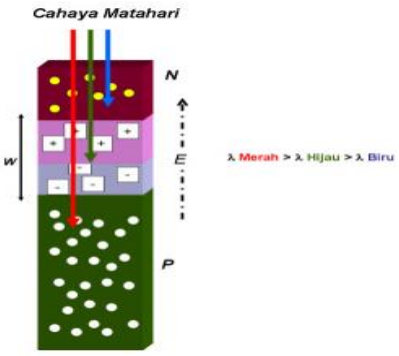
4. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (depletion region) ditandai dengan huruf W. e.
5. Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
6. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi.



Gambar II-15 Timbulnya medan listrik internal E

7. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali kearah semikonduktor p akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E.

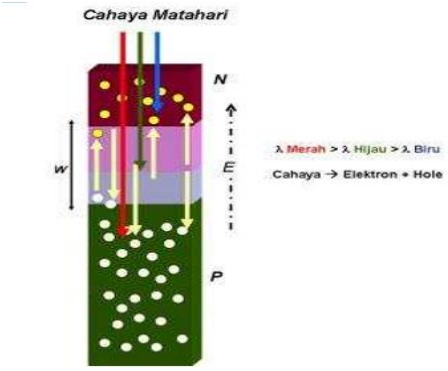
Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap kearah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar II-16 Proses Konversi Cahaya

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari

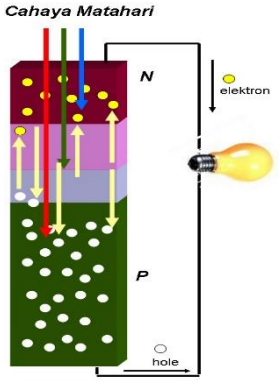
semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi electron hole yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



Gambar II-17 Semikonduktor terkena Cahaya

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol "lamda" sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p. Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel.

Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar II-18 Adanya arus listrik lampu menyala

2.10 Lux Meter

Lux meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya di suatu tempat. Besarnya intensitas cahaya ini perlu untuk diketahui karena pada dasarnya manusia juga memerlukan penerangan yang cukup. Untuk mengetahui besarnya intensitas cahaya ini maka diperlukan sebuah sensor yang cukup peka dan linier terhadap cahaya. Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter. Ini membuktikan bahwa semakin jauh jaraknya maka intensitas cahaya akan semakin berkurang. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital yang terdiri dari ra ngka, sebuah sensor. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intenstasnya.

Lux meter digunakan untuk mengukur tingkat iluminasi. Hampir semua lux meter terdiri dari rangka, sebuah sensor dengan sel foto, dan layer panel. Sensor diletakkan pada sumber cahaya. Cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan lebih besar. Kunci untuk mengingat tentang cahaya adalah cahaya selalu membuat beberapa jenis perbedaan warna pada

panjang gelombang yang berbeda. Oleh karena itu, pembacaan merupakan kombinasi efek dari semua panjang gelombang.

Standar warna dapat dijadikan referensi sebagai suhu warna dan dinyatakan dalam derajat Kelvin. Standar suhu warna untuk kalibrasi dari hampir semua jenis cahaya adalah 2856 derajat Kelvin, yang lebih kuning dari pada warna putih. Berbagai jenis dari cahaya lampu menyala pada suhu warna yang berbeda. Pembacaan lux meter akan berbeda, tergantung variasi sumber cahaya yang berbeda dari intensitas yang sama. Hal ini menjadikan, beberapa cahaya terlihat lebih tajam atau lebih lembut dari pada yang lain.

Luxmeter merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur kuat penerangan (tingkat penerangan) pada suatu area atau daerah tertentu. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital. Alat ini terdiri dari rangka, sebuah sensor dengan sel foto dan layar panel. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intenstasnya. Cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar.Sensor yang digunakan pada alat ini adalah photo diode. Sensor ini termasuk kedalam jenis sensor cahaya atau optic. Sensor cahaya atau optic adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai suatu daerah tertentu. Kemudian dari hasil dari pengukuran yang dilakukan akan ditampilkan pada layar panel.

Berbagai jenis cahaya yang masuk pada luxmeter baik itu cahaya alami atapun buatan akan mendapatkan respon yang berbeda dari sensor. Berbagai warna yang diukur akan menghasilkan suhu warna yang berbeda,dan panjang gelombang yang berbeda pula. Oleh karena itu pembacaan yang ditampilkan hasil yang ditampilkan oleh layar panel adalah kombinasi dari efek panjang gelombang yang ditangkap oleh sensor photo diode.



Gambar II-19 Lux Meter

Pengukuran Penerangan pada Sudut Ruang adalah sebuah titik potong 2 buah garis lurus. Besar sudut bidang dinyatakan dengan derajat (0) atau radian (rad). Sudut ruang adalah sudut pada ruang yang dibatasi oleh permukaan bola dengan titik sudutnya. Besarnya sudut ruang dinyatakan dengan steradian (sr).

Fluks cahaya adalah keseluruhan watt cahaya dengan satuan lumen, yang disingkat dengan lm.

$$\Phi = \omega \, I$$

Dimana:

Φ = fluks cahaya (lm)
Ω = sudut ruang staredian (sr)
I = intensitas cahaya (Cd)

Luminansi adalah suatu ukuran untuk terang suatu benda. Luminansi yang terlalu besar akan menyilaukan mata.

$$L = \frac{I}{As} cd/_{cm^2}$$

Dimana:

L = luminansi dalam satuan cd/cm2

I = intensitas cahaya dalam satuan cd

As = luas semu permukaan dalam satuan cm2.



Gambar II-20 Cara kerja lux meter

Lumen adalah cahaya total yang dipancarkan oleh sebuah sumber

Lux adalah banyaknya cahaya yang dipancarkan per satuan bidang atau jumlah cahaya per meter kuadrat. (Lux=Lumen/A)

Candela adalah intensitas cahaya pada satu arah saja, contohnya lilin (Candle) mengeluarkan 1 candela.