

## BAB 2

### Tinjauan Pustaka

#### 2.1 Sel Surya

Sel surya (photovoltaik) adalah *device* yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya (photovoltaik) terjadi akibat lepasnya elektron yang disebabkan adanya cahaya yang mengenai logam. Logam-logam yang tergolong golongan 1 pada sistem periodik unsur-unsur seperti Lithium, Natrium, Kalium, dan Cesium sangat mudah melepaskan elektron valensinya. Selain karena reaksi redoks, elektron valensi logam-logam tersebut juga mudah lepas oleh adanya cahaya yang mengenai permukaan logam-logam tersebut. Di antara logam-logam di atas Cesium adalah logam yang paling mudah melepaskan elektronnya, sehingga lazim digunakan sebagai foto detector

Tegangan yang dihasilkan oleh sensor photovoltaik adalah sebanding dengan frekuensi gelombang cahaya (sesuai konstanta Planck  $E = h \cdot f$ ). Semakin ke arah warna cahaya biru, makin tinggi tegangan yang dihasilkan. Tingginya intensitas listrik akan berpengaruh terhadap arus listrik. Bila foto voltaik diberi beban maka arus listrik yang dapat dihasilkan adalah tergantung dari intensitas cahaya yang mengenai permukaan semikonduktor

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu Solar Sel komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per  $\text{cm}^2$ . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu

modul surya biasanya terdiri dari 28-36 Solar Sel, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.

## 2.2 Semikonduktor dan Sel surya

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik diantara sebuah konduktor dan isolator. (Albert Paul Malvino, 2003: 35). adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Becquerel (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 ( $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ ).

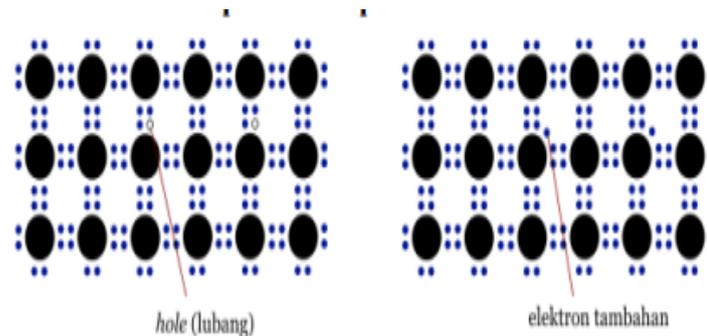


**Gambar 2.1** Solar Cell

(sumber: <http://imall.iteadstudio.com>, )

Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnetik, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek *photovoltaic* mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang.

## 2.3 Proses Konversi Sel surya

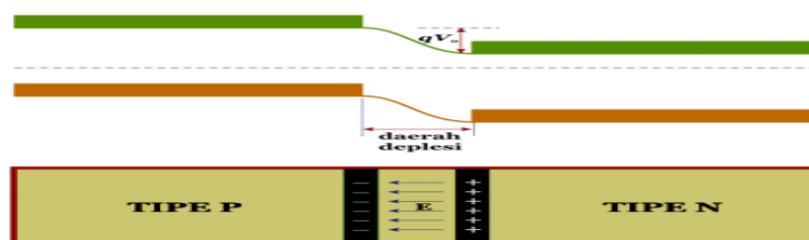


**Gambar 2.2 solar sel .** Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)

Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)

Ketika suatu Kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silicon yang mengakibatkan munculnya electron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silicon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n. Hal yang sebaliknya terjadi jika Kristal silicon ditambahkan oleh insur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya electron valensi boron dibandingkan dengan silicon mengakibatkan munculnya hole yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p. Adanya tambahan pembawa muatan tersebut mengakibatkan semikonduktor ini akan lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada semikonduktor tipe-n maupun tipe-p.

### 2.3.1 Sambungan P-N



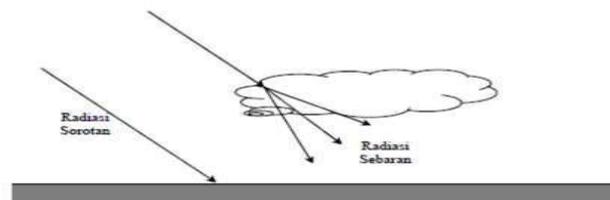
**Gambar 2.3.** Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi.

(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi hole dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi electron dari tipe-n menuju tipe-p. Difusi tersebut akan meninggalkan daerah yang lebih positif pada batas tipe-n dan daerah lebih negative pada batas tipe-p. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus drift. Arus drift yaitu arus yang dihasilkan karena kemunculan medan listrik. Namun arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut (Ady Iswanto : 2008). Sebagaimana yang kita ketahui bersama, electron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. kehadiran medan listrik pada electron dapat mengakibatkan electron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada solar cell sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar electron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut

#### 2.4 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar  $1353 \text{ W/m}^2$  dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.

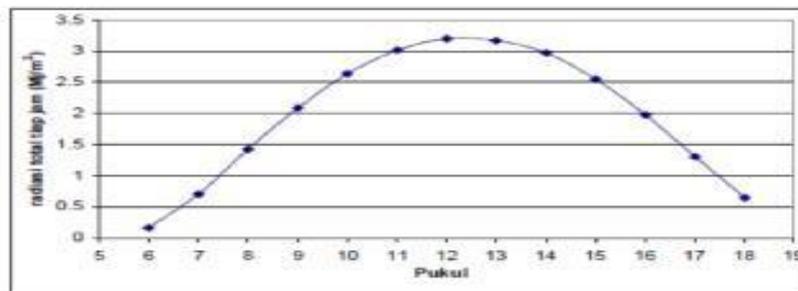


**Gambar 2.4** Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi

(Sumber : Yuwono,Budi. 2005 Skripsi Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan

Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C5. Surakarta: halaman 1

Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.10. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

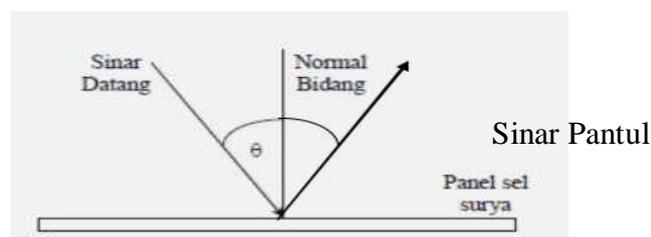


**Gambar 2.5** Grafik besar radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi

(Sumber : Yuwono,Budi. 2005 Skripsi Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51. Surakarta: halaman 1

#### 2.4.1 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima

Besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel.



**Gambar 2.6** Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang panel sel surya

(Sumber : Yuwono,Budi. 2005 Skripsi Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C5. Surakarta: halaman 13

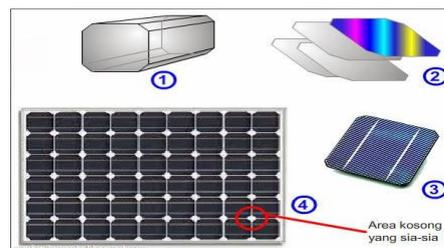
Panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut  $\theta$  seperti gambar 2.7 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor  $\cos \theta$ .

## 2.5 Jenis Panel Surya

Jenis-jenis sel surya digolongkan berdasarkan teknologinya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

### 2.5.1 Monocrystalline

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis, sehingga akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sel surya ini adalah jenis yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, efisiensinya sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. Kelemahannya, sel surya jenis ini jika disusun membentuk *solar modul* (panel surya) akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena sel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam atau bulat, tergantung dari bentuk batangan kristal silikonnya.



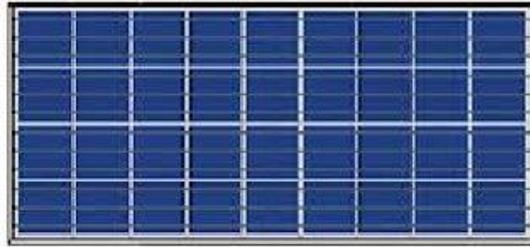
**Gambar 2.7** Sel Surya *Monocrystalline*

(Sumber: <https://laskarteknik.com/2010/05/10/jenis-jenis-panel-sel-surya>)

### 2.5.2 Polycrystalline

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak semurni pada sel surya *monocrystalline*, karenanya sel surya

yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya *monocrystalline*. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding *monocrystalline*, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.



**Gambar 2.8** Sel Surya *Polycrystalline*

(Sumber: <https://laskarteknik.com/2010/05/10/jenis-jenis-panel-sel-surya>)

### 2.5.3 *Thin Film*

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (*Thin Film Photovoltaic*).



**Gambar 2.9** Sel Surya *Thin Film*

(Sumber: <https://laskarteknik.com/2010/05/10/jenis-jenis-panel-sel-surya>)

Berdasarkan materialnya, sel surya *thin film* ini digolongkan menjadi

#### a. *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells*

Sel surya dengan bahan *Amorphous Silicon* ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan teknologi pembuatannya penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik produksi yang

disebut "*stacking*" (susun lapis), dimana beberapa lapis *Amorphous Silicon* ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

Jenis sel surya *Amorphous Thin Film Uni-Solar Panel PVL 124* adalah sel surya yang akan digunakan pada tugas akhir ini. Panel surya ini memiliki *rated power* 124 W dengan tegangan maksimum 30 V dan arus maksimum 4,1 A.



**Gambar 2.10** *Amorphous Thin Film Uni-Solar Panel PVL 124*

(Sumber: <http://tokolistriktenagasurya.com/distributor-penjualan-solar-cell-panel-surya-uni-solar-pvl-124-124w-flexible-amorphous-thin-film-solar-panel-adhesive-backing-murah.html>)

**b. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells***

Sel surya jenis ini mengandung bahan *Cadmium Telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya *Amorphous Silicon*, yaitu sekitar: 9% - 11%.

**c. *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells***

Dibandingkan kedua jenis sel surya *thin film* di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya *Cadmium* seperti pada sel surya CdTe.

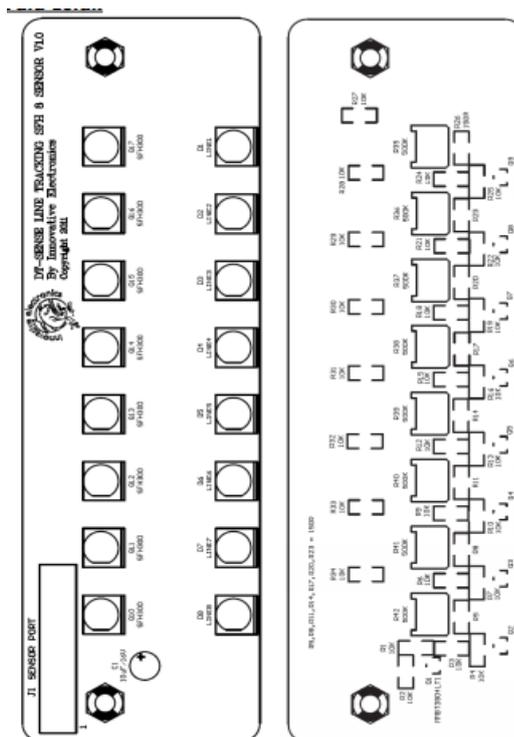
**2.6 Sensor dt sense line tracking cds 8 sensor**

Merupakan sebuah modul sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi jalur berwarna terang dengan latar belakang gelap atau jalur berwarna gelap dengan latar belakang terang. Modul ini terdiri dari 8 buah LED dan 8 buah NPN-Silizium-Fototransistor (SFH 300). Output modul sensor ini berupa tegangan analog yang berkisar dari ~ 0 VDC untuk jalur terang dan ~ 4,9 VDC untuk jalur

gelap. Contoh aplikasi DT-SENSE LINE-TRACKING SFH 8 SENSOR antara lain untuk navigasi robot line tracking, atau aplikasi lain yang menggunakan hasil pantulan sensor untuk membedakan kontras antara 2 permukaan.

Spesifikasi :

1. Memerlukan sumber catu daya tegangan 5 VDC.
2. Terdiri dari 8 buah LED dan 8 buah Silizium Fototransistor SFH 300.
3. Jarak optimal sensor ke obyek/jalur sekitar 4 – 10 mm.
4. Tegangan output masing-masing sensor antara 0 VDC sampai 4,9 VDC.
5. Jarak antar sensor sekitar 12,5 mm.
6. Dilengkapi dengan pin khusus untuk menyalakan atau mematikan LED.
7. Dilengkapi dengan variabel resistor untuk kalibrasi masing-masing sensor.
8. Output dapat hubungkan ke Analog to Digital Converter (ADC) atau rangkaian komparator.



**Gambar 2.11** Sensor dt sense line tracking cds 8 sensor v10

Sumber

[http://innovativeelectronics.com/innovative\\_electronics/download\\_files/manual/Manual\\_DT-SENSE\\_Line\\_Tracing\\_SFH\\_8\\_Sensor.pdf](http://innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual_DT-SENSE_Line_Tracing_SFH_8_Sensor.pdf)

SENSOR PORT (J1) berfungsi untuk antarmuka dengan DT-SENSE LINE-TRACKING SFH 8 SENSOR.

Pin	Nama	Fungsi
1	PGND	Titik referensi catu daya ke sensor
2	VCC	Input tegangan catu daya ke sensor (5 VDC)
3	NC	Tidak terhubung ke manapun
4	LE	LED Enable (logika <i>High</i> untuk menyalakan LED dan logika <i>Low</i> mematikan LED)
5	PT1	Output Sensor ke-1
6	PT2	Output Sensor ke-2
7	PT3	Output Sensor ke-3
8	PT4	Output Sensor ke-4
9	PT5	Output Sensor ke-5
10	PT6	Output Sensor ke-6
11	PT7	Output Sensor ke-7
12	PT8	Output Sensor ke-8

## 2.7 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah komponen di dalam sistem PLTS berfungsi sebagai pengatur arus listrik (Current Regulator) baik terhadap arus yang masuk dari panel PV maupun arus beban keluar / digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (OverCharge), Ini mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai.

Sebagian besar Solar PV 12 Volt menghasilkan tegangan keluar (V-Out) sekitar 16 sampai 20 volt DC, jadi jika tidak ada peraturan, baterai akan rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan... yang umumnya baterai 12Volt membutuhkan tegangan pengisian (sekitar 13-14,8 volt (tergantung tipe baterai).



**Gambar 2.12** solar charge controller

<http://solarsuryaindonesia.com/product/vs3024n/attachment/vs3024n-2>

### 2.7.1 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.

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

- **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.
- **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.

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

## 2.8 Baterai Li-Ion Ultrafire

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam bentuk listrik. Baterai memiliki dua sifat yaitu baterai primer dan baterai sekunder (rechargeable battery), disebut baterai primer berarti baterai ini hanya bisa satu kali pakai saja sedangkan baterai sekunder berarti baterai yang dapat dipakai berkali-kali dengan cara isi ulang bila dayanya sudah mulai habis. Baik baterai primer dan sekunder, kedua-duanya bersifat mengubah energi kimia menjadi energi listrik dan masing-masing memiliki beberapa bentuk dan spesifikasi yang berbeda-beda. Baterai terbagi dalam beberapa jenis, yang salah satunya adalah baterai jenis Li-Ion (lithium-ion) yang memiliki sifat sebagai baterai sekunder (rechargeable battery). 2 Baterai Li-Ion merupakan baterai generasi selanjutnya yang diciptakan setelah baterai tipe NiCd, baterai yang digunakan pada alat ini adalah baterai Li-On Ultrafire yang memiliki spesifikasi tegangan sebesar 3,7 V



**Gambar 2.13** Baterai Li On Ultrafire

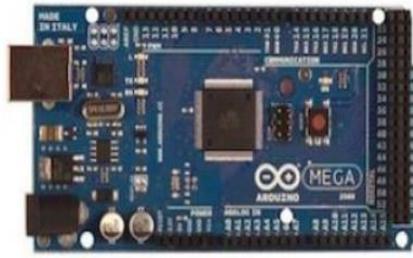
Sumber <http://budgetlightforum.com/node/7750>

## **2.9 Pengenalan Arduino**

Arduino dikatakan sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” disini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memory microcontroller. Ada banyak projek dan alat –alat yang dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Salah satu yang membuat arduino memikat hati banyak orang adalah karena sifatnya open source, baik untuk hardware maupun software-nya. Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe Atmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan Atmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan Atmega2560.

### **2.9.1 Arduino Mega 2560**

Arduino Mega 2560 adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560 (datasheet). Mempunyai 54 pin digital input/output (dimana 14 pun dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 pin input analog, 2 UARTs (Hardware serial ports), sebuah crystal oscillator 16 MHz, sebuah penghubung USB, sebuah colokan listrik, ICSP header, dan tombol kembali. Setiap isi dari Arduino Mega 2560 membutuhkan dukungan mikrokontroler; koneksi mudah antara Arduino mega 2560 ke komputer dengan sebuah kabel USB atau daya dengan AC to DC adaptor atau baterai untuk memulai. Arduino mega cocok sebagai rancangan pelindung untuk Arduino Deumilanove atau Diecimila



**Gambar 2.14** Arduino Mega 2560

Sumber <http://eprints.polsri.ac.id/2043/3/3.%20BAB%20II%20LA.pdf>

### 2.9.2 Arsitektur Arduino Mega 2560

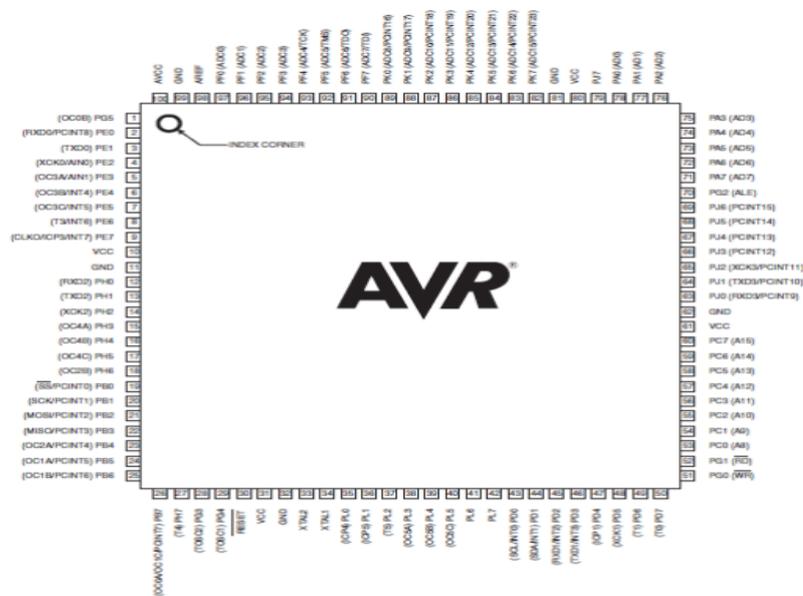
Arduino Mega 2560 terbentuk dari prosesor yang dikenal dengan Mikrokontroler ATmega 2560. Mikrokontroler ATmega 2560 memiliki beberapa fitur / spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Fitur-fitur tersebut antara lain :

1. Tegangan Operasi sebesar 5 V
2. Tegangan input sebesar 6 – 20 V tetapi yang direkomendasikan untuk ATmega 2560 sebesar 7 – 12 V.
3. Pin digital I/O sebanyak 54 pin dimana 14 pin merupakan keluaran dari PWM.
4. Pin input analog sebanyak 16 pin
5. Arus DC pin I/O sebesar 40 mA sedangkan Arus DC untuk pin 3.3V sebesar 50 mA
6. Flash memory 156 Kb yang mana 8 Kb digunakan oleh bootloader.
7. SRAM 8 Kbyte
8. EEPROM 4 Kbyte
9. Serta mempunyai 2 Port UARTs untuk komunikasi serial.



Gambar 2.15 Arsitektur Arduino

### 2.9.3 Konfigurasi Pin Arduino Mega



Gambar 2.16 Konfigurasi Pin

1. VCC adalah tegangan catu digital
2. GND adalah Ground
3. Port A (PA7..PA0) Port A adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan internal pull-up resistor (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port A memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port A eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port A dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan. Port A juga menyajikan fungsi dari berbagai fitur spesial dari Atmega640/1280/1281/2560/2561.

4. Port B (PB7..PB0) Port B adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan internal pull-up resistor ( dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port B memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port A eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port A dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan. Port B mempunyai kemampuan bergerak lebih baik daripada port lainnya.
5. Port C (PC7..PC0) Port C adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan internal pull-up resistor ( dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port C memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port C eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port C dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.
6. Port D (PD7..PD0) Port D adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan internal pull-up resistor ( dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port D memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port D eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port D dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.
7. Port E (PE7..PE0) Port E adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan internal pull-up resistor ( dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port E memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port E eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port E dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.
8. Port F (PF7..PF0) Port F disajikan sebagai masukan analog ke A/D converter. Port F juga menyajikan sebuah port I/O 8 bit dua arah, jika A/D Converter tidak digunakan. Pin port dapat menyediakan internal pull-up

resistor ( dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port F memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port F eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port F dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan. Jika antarmuka JTAG mengizinkan, pull-up resistor pada pin PF7(TDI), PF5(TMS), dan PF4(TCK) akan iaktifkan bahkan jika terjadi reset. Port F juga menyajikan fungsi dari antarmuka JTAG.

9. Port G (PG7..PG0) Port G adalah sebuah port I/O 6 bit dua arah dengan internal pull-up resistor (dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port G memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port G eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port G dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.
10. Port H (PH7..PH0) Port H adalah sebuah port I/O 8 bit dua arah dengan internal pull-up resistor ( dipilih untuk masing-masing bit). Penyangga output Port H memiliki karakter penggerak karakteristik dengan kedua sink tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port H eksternal pulled low sumber arus jika resistor pull-up aktif. Pin port H dinyatakan tri ketika sebuah kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika waktu tidak berjalan.

## 2.10 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi dari motor akan di informasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol.



**Gambar 2.17** Motor servo

Sumber

<http://eprints.polsri.ac.id/1818/3/BAB%20II.pdf>

Karena motor DC servo merupakan alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, maka magnet permanen motor DC servo-lah yang mengubah energi listrik ke dalam energi mekanik melalui interaksi dari dua medan magnet. Salah satu medan dihasilkan oleh magnet permanen dan yang satunya dihasilkan oleh arus yang mengalir dalam kumparan motor. Resultan dari dua medan magnet tersebut menghasilkan torsi yang membangkitkan putaran motor tersebut. Saat motor berputar, arus pada kumparan motor menghasilkan torsi yang nilainya konstan.

### **2.10.1 Motor Servo Continuous 360°**

Prinsip kerja dari motor servo continuous sedikit berbeda dari motor servo standar. Untuk menggerakkan motor servo ke kanan atau ke kiri, tergantung dari nilai delay yang kita berikan. Untuk membuat servo pada posisi center, berikan pulsa 1.5ms dan untuk memberikan pulsa  $\leq 1.3$ ms motor servo akan berputar searah jarum jam dengan besar putaran sumbu ditentukan oleh besar pulsa on pada motor sedangkan untuk membuat motor servo continuous berputar berlawanan dengan arah jarum jam dapat memberikan pulsa  $\geq 1.7$ ms, dan dengan besar pulsa on yang digunakan, dapat menentukan besar putaran untuk berlawanan dengan arah jarum jam. Teknik PWM (Pulse Width Modulation) pada motor servo continuous dapat dilihat pada gambar 2.40. Pada motor servo continuous mampu bergerak dua arah yaitu searah jarum jam dan berlawanan dengan arah jarum jam tanpa adanya batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu sehingga motor ini berputar 360°).



**Gambar 2.18** Motor Servo Continous

Sunber

<http://eprints.polsri.ac.id/1818/3/BAB%20II.pdf>

### 2.11 Relay

Sebuah relay adalah saklar listrik yang dioperasikan dimana arus listrik melalui koil relay menciptakan medan magnet yang menarik tuas dan perubahan kontak saklar. Kumparan arus dapat aktif atau tidak aktif sehingga relay mempunyai dua posisi saklar dan mereka melemparkan ganda (changeover) switch



**Gambar 2.19** Relay

Untuk menentukan kaki coil dengan cara menaruh selector ohm meter di x10K kemudian menghubungkan probe ke kaki relay, bila jarum bergerak maka kaki yang terhubung dengan probe adalah kaki coil.

Untuk mentukan kaki induk, NC dan NO dengan cara menaruh selector ohm meter ke x1, kemudian menghubungkan probe ke salah satu kaki relay sebagai patokan dan probe satunya dihubungkan kekaki relay yang lain, bila jarum bergerak maka kaki tersebut adalah kaki induk dan NC sedangkan kaki yang lain merupakan kaki NO.

### 2.12 Ball Caster

Ball Caster adalah sebuah bola yang dapat bergerak bebas ke segala posisi. Ball Caster dalam robotika, biasa digunakan sebagai roda bebas. Ball Caster ini

memiliki dimensi panjang 4,8 cm dan lebar 3,2 cm. Tampilan bentuk Ball Caster dapat dilihat pada gambar berikut ini



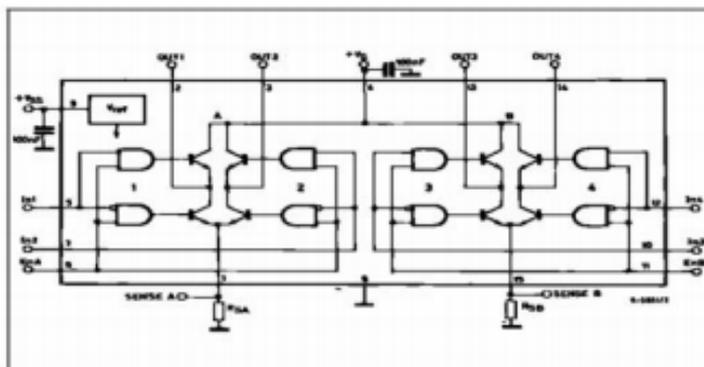
**Gambar 2.20** Ball Caster

**Agung Fatwanto, 2013, ANALISIS INFRASTRUKTUR ROBOT LINE FOLLOWER  
UNTUK MAHASISWA DIFABLE DI LINGKUNGAN UIN SUNAN KALIJAGA**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan Ball Caster berbentuk *roll on* dari deodoran bekas karena mudah didapat, gratis, dan juga karena penelitian ini membutuhkan tambahan roda lagi untuk bergerak bebas maka dari itu penulis memakai Ball Caster *roll on* tersebut.

### **2.13 Driver Motor**

L298N adalah contoh IC yang dapat digunakan sebagai driver motor dc. IC ini menggunakan prinsip kerja H-Bridge. Tiap H-Bridge dikontrol menggunakan level tegangan TTL yang berasal dari output mikrokontroler. L298N dapat mengontrol 2 buah motor dc. Tegangan yang dapat digunakan untuk mengendalikan robot bisa mencapai tegangan 46 Vdc dan arus mencapai 2 A untuk setiap kanalnya.



**Gambar 2.21** Driver Motor

Dedy Irawan, 2016, RANCANG BANGUN PROTOTIPE LIFT BARANG MENGGUNAKAN MOTOR ARUS SEARAH DENGAN PERINTAH SMARTPHONE ANDROID

Pengaturan kecepatan kedua motor dilakukan dengan cara pengontrolan lama pulsa aktif (metode PWM - Pulse Width Modulation) yang dikirimkan ke rangkaian driver motor oleh modul pengendali. Duty cycle PWM yang dikirimkan menentukan kecepatan putar motor dc. Gambar 2.15 menunjukkan L298 Multiwatt 15 yang digunakan sebagai motor driver.

#### 2.14 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (Liquid Crystal Display) adalah kristal cair pada layar yang digunakan sebagai modul tampilan informasi dengan memanfaatkan tegangan listrik untuk mengubah bentuk kristal-kristal cairnya sehingga membentuk tampilan simbol, angka, dan atau huruf pada layar.

LCD merupakan rangkaian penampil yang saat ini sudah banyak digunakan dalam perancangan-perancangan elektronika. Bila dibandingkan dengan rangkaian penampil lainnya yaitu seven segment, maka LCD mempunyai kelebihan yaitu dapat menampilkan karakter angka, huruf besar dan huruf kecil serta karakter-karakter tertentu. Gambar 7 berikut ini menunjukkan bentuk fisik LCD 2x16.



**Gambar 2.22 LCD**

ROBERT, 2010, RANCANG BANGUN MODEL SISTEM MONITORING  
KADAR KANDUNGAN ALKOHOL PADA NAFAS PENGENDARA MOBIL  
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535

Mikrokontroler HD44780 produksi Hitachi yang berfungsi sebagai pengendali LCD LMB162 memiliki CGROM (Character Generator Read Only Memory), CGRAM (Character Generator Random Access Memory), dan DDRAM (Display Data Random Access Memory).

DDRAM merupakan memori tempat karakter yang ditampilkan berada atau digunakan untuk mengatur tempat penyimpanan karakter. CGRAM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Namun, memori akan hilang saat power supply tidak aktif sehingga pola karakter akan hilang. CGROM merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut sudah ditentukan secara permanen dari HD44780 sehingga pengguna tidak dapat mengubahnya lagi. Namun, oleh karena ROM bersifat permanen, pola karakter tersebut tidak akan hilang walaupun power supply tidak aktif

Konektor yang digunakan pada LCD LMB162 yaitu 16 pin yang tersusun sebaris. Konfigurasi pinnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Konfigurasi pin LCD LMB162

No	Nama Pin	Deskripsi
1	GND	0V
2	VCC	+5
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	R/S	Register Select, 0= Register Perintah, 1= Register Data
5	R/W	1 = Read, 0 = Write
6	E	Enable Clock LCD, Logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data
7	B0	Data Bus 0
8	B1	Data Bus 1
9	B2	Data Bus 2
10	B3	Data Bus 3
11	B4	Data Bus 4
12	B5	Data Bus 5
13	B6	Data Bus 6
14	B7	Data Bus 7
15	Anoda	Tegangan Positif <i>Backlight</i>
16	Katoda	Tegangan Negatif <i>Backlight</i>

Seperti terlihat pada gambar konfigurasi pin LCD LMB162 dapat diketahui bahwa konfigurasi antarmuka pin-pin tersebut menggunakan jalur data paralel, sehingga membuat sederhana pembacaan dan penulisan yang cepat dari dan ke LCD