

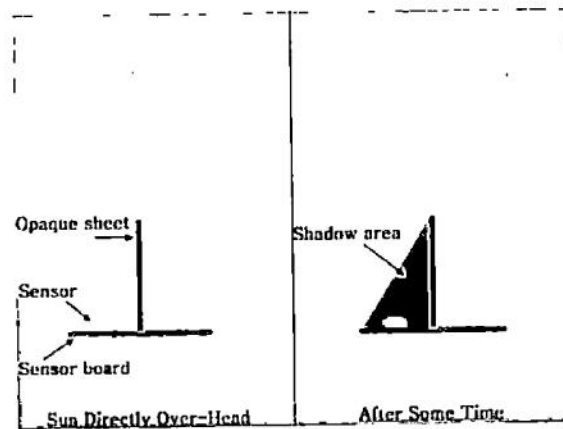
## BAB II

### STUDI AWAL

#### 2.1 Karya yang Berkaitan

##### 2.1.1 LDR Sebagai Sensor Cahaya

Sebuah atau beberapa LDR dapat dirangkai sehingga mampu mendeteksi cahaya matahari. Salah satu konfigurasi yang dijelaskan berikut adalah konfigurasi yang bekerja berdasarkan kuat cahaya matahari yang mengenai LDR.



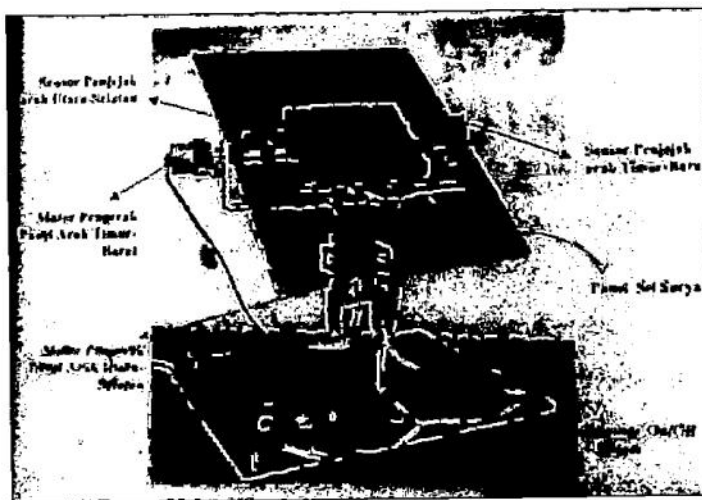
**Gambar 2.1** Cara Kerja Konfigurasi LDR Sebagai Sensor Cahaya

Matahari

Dari gambar di atas terdapat dua buah LDR yang dipasang pada kedua sisi sensor board. Diantara sensor tersebut dipasang sekat pemisah atau *opaque sheet*. Gambar sebelah kiri menggambarkan ketika matahari berada tegak lurus dengan sensor, ini diindikasikan dengan tidak adanya area bayangan pada kedua sisi sensor. Sedangkan gambar sebelah kanan adalah ketika matahari bergeser dan menyebabkan terjadinya area

bayangan pada salah satu sisi sensor. Apabila salah satu sensor berada dalam area bayangan, maka kuat cahaya yang mengenai sensor tersebut akan menurun karena resistansi dari LDR meningkat. Perbedaan nilai inilah yang akan digunakan untuk memberi perintah kepada motor untuk berputar dan mengarahkan sensor sehingga berada tegak lurus kembali terhadap matahari.

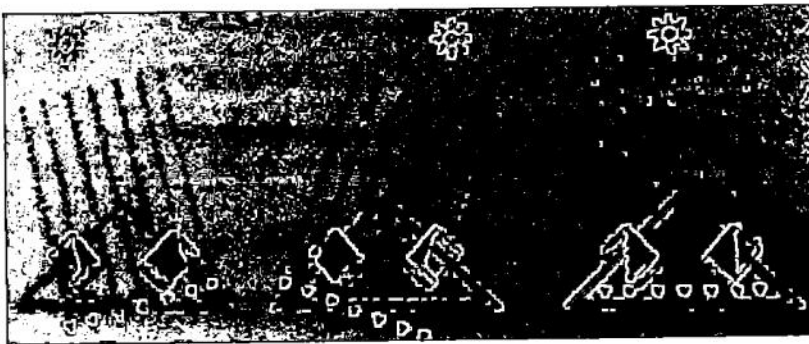
### 2.1.2 Alat Penjejak Sinar Matahari untuk Solar Cell



**Gambar 2.2** Alat Penjejak Sinar Matahari

Alat penjejak sinar matahari untuk *solar cell* ini adalah karya dari mahasiswa Teknik Elektro UMY bernama Citra Wibowo. Alat ini menggunakan LDR sebagai sensor. Sensor terdiri atas sensor on/off yang berfungsi untuk memulai/mengakhiri kinerja alat dan sensor penjejak posisi matahari. Untuk mengolah level tegangan keluaran dari sensor digunakan komparator. Output komparator akan digunakan untuk mengendalikan rangkaian relay dan rangkaian penggerak motor panel surya.

Cara kerja yaitu alat akan bekerja secara otomatis pada saat sensor on/off menangkap radiasi cahaya matahari, dengan level tegangan keluaran sensor diatas 4 V, dan akan mematikan kerja apabila tegangan sensor berada dibawah 4 V. Sensor penjejak matahari akan menggerakkan motor untuk mengendalikan sudut panel surya kearah sumber sinar, pada kondisi nilai resistansi pasangan kedua sensor penjejak tidak sama. Pengendalian panel akan berhenti pada saat resistansi pasangan sensor penjejak bernilai sama atau tegangan keluaran sensor setengah dari tegangan sumber sebesar 2,5 V. Pada saat pengendalian berhenti merupakan kondisi sudut optimal datangnya arah sinar matahari.



Gambar 2.3 Konfigurasi Desain Sensor

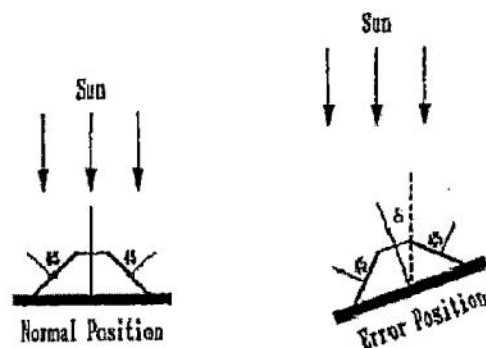
## 2.2 Dasar – Dasar Teoritis

### 2.2.1 Optimalisasi Konversi Energi Matahari

Matahari adalah suatu bola gas yang sangat panas. Garis tengahnya  $\pm 1,39$  juta Km atau  $\pm 109$  kali lebih besar dari diameter bumi. Jarak dari permukaan luarnya ke bumi  $\pm 150$  juta Km, sehingga sinar matahari mencapai bumi membutuhkan waktu kira-kira 8 menit. Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh

permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima permukaan bumi sangat luar biasa yaitu 0,5 miliar energi matahari atau kira2  $1,3 \times 10^{17}$  Watt (Karmon Sigalingging, 1994).

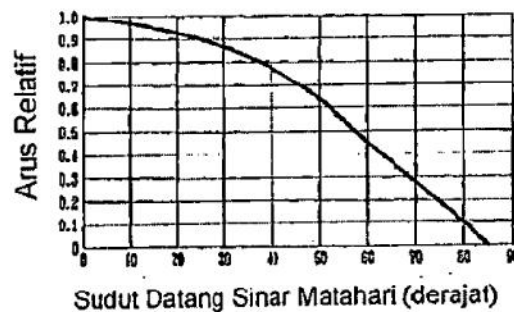
Melihat energi yang dikeluarkan dari pancaran matahari yang begitu besar, pemanfaatan energi matahari menjadi salah satu daya tarik tersendiri untuk dilakukan. Salah satu pemanfaatan energi matahari adalah penggunaan panel surya yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Namun dalam peroses konversi energi pada panel surya ini dipengaruhi banyak faktor yang dapat mengurangi optimalisasi pengkonversian energi. Diantaranya adalah faktor orientasi terhadap matahari yang selalu berubah-ubah yang dapat mengurangi optimalisasi panel surya dalam pengkonversian energi matahari menjadi energi listrik (Mukund R. Patel, 1999).



**Gambar 2.4** Posisi Panel Surya Dalam Menerima Cahaya Matahari

Energi matahari akan lebih banyak diserap ketika panel surya berhadapan langsung dengan matahari, dalam artian posisi panel surya

harus tegak lurus dengan cahaya datang. Dari situ *efektivitas* panel surya dalam menghasilkan daya yang lebih besar mudah didapat. Dari grafik dapat dilihat ketika cahaya matahari yang diterima panel surya dalam berbagai posisi mulai dari  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$ . Bahwa panel surya akan menghasilkan daya maksimal ketika posisinya saling tegak lurus dengan cahaya matahari. Dengan begitu panel surya perlu didesain untuk selalu mengikuti arah posisi matahari agar *efektivitas* kerja panel surya lebih maksimal (Mukund R. Patel, 1999).



**Gambar 2.5** Kurva Arus Relatif Panel Surya Terhadap Sudut Datang Sinar Matahari

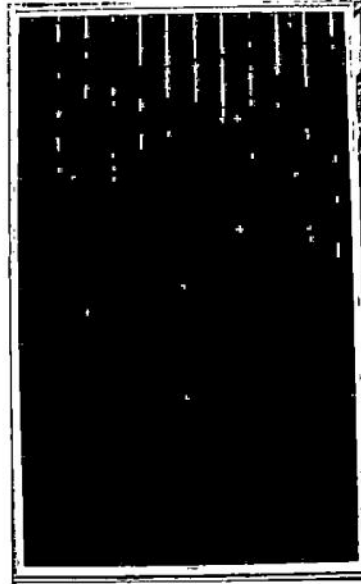
### 2.2.2 Panel Surya Polikristal

Panel surya terdiri dari photovoltaic yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Jenis panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah panel surya polikristal. Panel surya polikristal adalah panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe 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. Panel surya yang digunakan adalah panel surya buatan PT. Azet Surya Lestari dengan seri ASL-M50. Spesifikasi *electrical ratings* dari modul ini pada *Standart Test Condition* (1000W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 spectrum, *cell temperature* 25° C) adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Spesifikasi Panel Surya Polikristal ASL-M50

Parameter	Nilai
Peak Power (Pmax)	50.00 W
Open Circuit Voltage (Voc)	21.00 V
Short Circuit Current (Isc)	3.45 A
Voltage (Vmp)	16.80 V
Current (Imp)	3.00 A
Nominal Voltage	12.00 V
Maximum Sytem Voltage	600 V
Tolerance	5 %



**Gambar 2.6** Panel Surya Polikristal

### **2.2.3 Solar Charge Controller**

*Controller/ Solar Charge Regulator* adalah alat elektronik pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Alat ini berfungsi mengatur lalu lintas listrik dari panel surya ke *battery/accu* (apabila *battery/accu* sudah penuh maka listrik dari panel surya tidak akan dimasukkan ke *battery/accu* dan sebaliknya), dan dari *battery/accu* ke beban (apabila listrik dalam *battery/accu* tinggal 20-30%, maka listrik ke beban otomatis dimatikan).

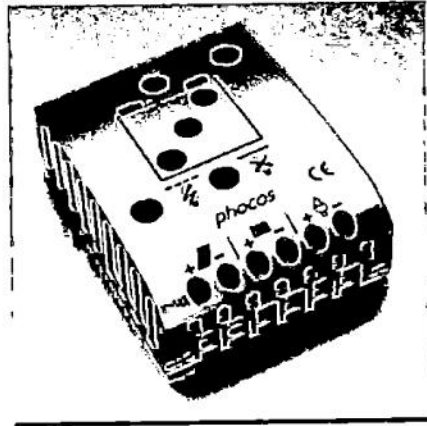
Versi standar umumnya dilengkapi dengan fungsi-fungsi untuk melindungi *battery/accu* dengan proteksi-proteksi berikut:

1. LVD, *Low voltage disconnect*, apabila tegangan dalam *battery* rendah, ~11.2 V, maka untuk sementara beban tidak dapat dinyalakan. Apabila tegangan *battery* sudah melewati 12V, setelah di *charge* oleh

panel surya, maka beban akan otomatis dapat dinyalakan lagi (*reconnect*).

2. *HVD, High Voltage Disconnect*, memutus listrik dari panel surya jika *battery/accu* sudah penuh. Listrik dari panel surya akan dimasukkan kembali ke *battery* jika *voltage battery* kembali turun.
3. *Short circuit protection*, menggunakan *electronic fuse* (sekering) sehingga tidak memerlukan fuse pengganti. Berfungsi untuk melindungi sistem PLTS apabila terjadi arus hubung singkat baik di panel surya maupun pada beban. Apabila terjadi *short circuit* maka jalur ke beban akan dimatikan sementara, dalam beberapa detik akan otomatis menyambung kembali.
4. *Reverse Polarity*, melindungi dari kesalahan pemasangan kutub (+) atau (-)
5. *Reverse Current*, melindungi agar listrik dari *battery/accu* tidak mengalir ke panel surya pada malam hari.
6. *PV Voltage Spike*, melindungi tegangan tinggi dari panel pada saat *battery* tidak disambungkan ke *controller*.
7. *Lightning Protection*, melindungi terhadap sambaran petir (s/d 20,000 volt).





**Gambar 2.7** *Solar Charge Controller* Buatan Phoccos, Germany

*Solar charge controller* biasanya terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena terdapat *diode protection* yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

*Solar charge controller* yang digunakan adalah *solar charge controller* buatan Phoccos, Germany. Berikut adalah spesifikasi dari *solar charge controller* yang digunakan :

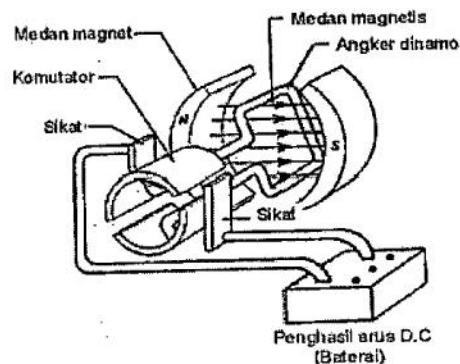
**Tabel 2.2** Spesifikasi *Solar Charge Controller Phocos*

Parameter	Nilai
Nominal voltage	12/24 V, automatic recognition
Boost voltage	14.5/29.0 V (25°C), 2 h
Equalization voltage	14.8/29.6 V (25°C), 2 h
Float voltage	13.7/27.4 V (25°C)
Low Voltage Disconnect Function	11.4-11.9/22.8-23.8 V (controlled by state of charge)  11.0/22.0 V (controlled by voltage)
Load reconnect voltage	12.8/25.6 V
Temperature compensation	-4mV/cell*K
Max. solar panel current	10 A
Max. load current	10 A
Dimension	80x100x32 mm (w x h x d)
Max. wire size	16 mm <sup>2</sup> (AWG #6)
Self consumption	4 mA
Ambient temperature range	-25 to +50° C

#### 2.2.4 Motor DC

Motor DC adalah salah satu jenis motor listrik, yaitu merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada

kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



**Gambar 2.8** Motor DC Sederhana

Motor DC yang digunakan pada penelitian ini berupa motor DC yang terdapat pada aktuator penggerak. Aktuator yang digunakan adalah linear aktuator tipe HARL-3618+ dengan spesifikasi sebagai berikut :

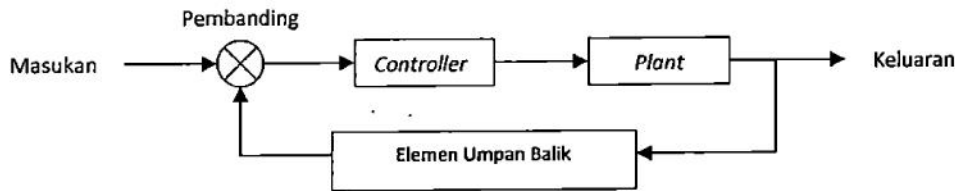
**Tabel 2.3** Spesifikasi Aktuator HARL-3618+

Stroke length	18 inch
Static load	1000 lbs
Dynamic load	550 lbs
Speed (Rated Load)	5.6 mm/sec
Resolution (Reed)	48 pulse/inch
Resolution (Optical)	125 pulse/inch
Resolution (Pot)	10 turn, 10 ohm
Input voltage	36 VDC

### 2.2.5 Sistem Kendali Umpan Balik

Sebuah pengendali elektronis yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan panel surya membutuhkan sebuah sistem kendali untuk bekerja. Sistem kendali yang digunakan adalah sistem kendali umpan balik karena memiliki sifat dari suatu sistem untaian-tertutup yang memungkinkan keluarannya bisa dibandingkan dengan masukan sistem itu demikian rupa agar tindakan pengendalian yang tepat sebagai fungsi dari keluaran dan masukannya bisa terjadi (*Joseph J. Distefano, 1996*).

Konfigurasi dasar dari suatu sistem pengendalian umpan balik sederhana digambarkan dalam diagram blok sebagai berikut:



**Gambar 2.9** Diagram Blok Sistem Kendali Umpan Balik

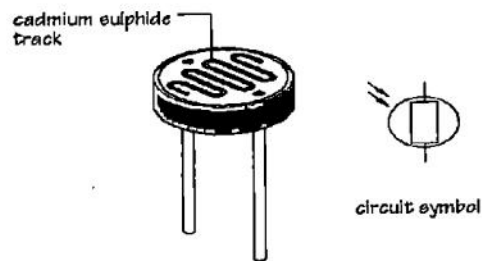
Keterangannya adalah sebagai berikut :

- Masukan adalah isyarat luar yang diterapkan ke sistem pengendalian umpan balik untuk memerintahkan tindakan tertentu plant tersebut.
- Pembanding (*Comparator*) digunakan untuk membandingkan keluaran dengan masukan acuan. Komparator ini menghasilkan error sebagai isyarat penggerak.
- Pengendali (*Controller*) adalah komponen yang diperlukan untuk membangkitkan isyarat pengendalian yang tepat yang diterapkan ke plant tersebut termasuk di dalamnya adalah aktuator atau penggerak.
- *Plant* (sistem terkendali) adalah benda, proses atau mesin, dimana besaran atau keadaan tertentu harus dikendalikan.
- Elemen umpanbalik (sensor) adalah komponen yang diperlukan untuk menetapkan hubungan fungsional antara isyarat umpanbalik primer dan keluaran kendali.

### 2.2.6 Sensor

Sesuai dengan prinsip sistem kendali umpan balik di atas, dibutuhkan sebuah elemen umpan balik untuk mengetahui perubahan parameter-parameter yang terjadi setelah proses kendali dilakukan. Sensor adalah alat yang mengkonversikan fenomena fisis ke dalam sinyal elektrik, dengan kata lain sensor merupakan bagian yang merepresentasikan antarmuka diantara dunia fisis dan alat-alat elektrik (*Dr. Tom Kenny, 2004*). Istilah *transducer* sering digunakan sebagai sinonim dari sensor. Idealnya sensor adalah alat yang merespon perubahan fenomena fisis. Di sisi lain, sebuah *transducer* adalah alat yang mengkonversikan suatu bentuk energi kedalam bentuk energi yang lain. (*M. Anjanappa, 2008*).

Untuk dapat membuat panel surya selalu mengarah atau menghadap tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari, digunakan sensor peka cahaya yang berupa LDR (*Light Dependent Resistor*). LDR memanfaatkan bahan semikonduktor yang karakteristiknya berubah-ubah sesuai dengan cahaya yang diterimanya. Bahan yang digunakan adalah Kadmium Sulfida (CdS) dan Kadmium Selenida (CdSe). Bahan-bahan ini paling sensitif terhadap cahaya dalam spektrum tampak, dengan puncaknya sekitar  $0,6 \mu\text{m}$  untuk CdS dan  $0,75 \mu\text{m}$  untuk CdSe. Sebuah LDR CdS yang tipikal memiliki resistansi sekitar  $1 \text{ M}\Omega$  dalam kondisi gelap gulita dan kurang dari  $1 \text{ K}\Omega$  ketika ditempatkan di bawah sumber cahaya terang (*Mike Tooley, 2003*).



**Gambar 2.10** Bentuk Fisik dan *Circuit Symbol* LDR

LDR adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu *Laju Recovery* dan Respon Spektral.

#### 1. *Laju Recovery*

Bila sebuah LDR dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka nilai resistansi LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai nilai di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. *Laju recovery* merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga atau nilai ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus nilainya lebih besar dari 200 K/detik (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

## 2. Respon Spektral

LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas, dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik (TEDC, 1998).

### 2.2.7 Catu Daya

Catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik. Dalam implementasinya yang kemudian berkembang pesat dan luas yaitu sistem perubahan AC ke DC (*DC power supply*) dan DC ke DC (*DC-DC converter*). Metoda penyediaan sumber daya DC sendiri selalu berkembang mulai dari tipe linier hingga tipe swiching.

*Power Supply* tipe swiching menjadi semakin populer pemakaiannya karena tipe ini memberikan penyediaan daya DC yang efisiensi dan densitas dayanya sangat tinggi dibandingkan dengan tipe linear. Dari segi efisiensi, tipe linier tidak begitu baik, karena pada prosesnya hasil keluaran penyearah diturunkan tegangannya melalui pengatur linier (*linear regulator*), dan selisih antara tegangan yang masuk dan tegangan yang dihasilkan dibuang dalam bentuk panas. Terjadinya



Panas berarti terjadi pembuangan energi yang besar dalam proses tipe linier tersebut sehingga efisiensinya pun menjadi kecil. Sedangkan pada tipe switching, perbaikan efisiensi dicapai dengan cara pengaturan medan magnet akibat selisih tegangan masukan dengan keluaran. Pengaturan yang dimaksud berhubungan dengan proses penyimpanan dan pembuangan energi magnet yang mana pada waktu komponen penyimpan energi magnet sampai pada titik energi tertentu, maka switch yang dipakai untuk mengirim daya ke sisi beban dimatikan (*off state*), dan komponen penyimpan energi magnet tadi kemudian mengambil alih tugas switch untuk mengirim daya yang tersimpan menuju ke sisi beban. Apabila 'tabungan' energi magnet tadi hampir habis, maka switch kembali dihidupkan (*on state*) untuk mengambil alih kembali tugas pengiriman daya ke beban dan secara bersamaan mulai menyimpan kembali energi magnet untuk mengulang proses yang sama.

#### 2.2.8 Kontroler

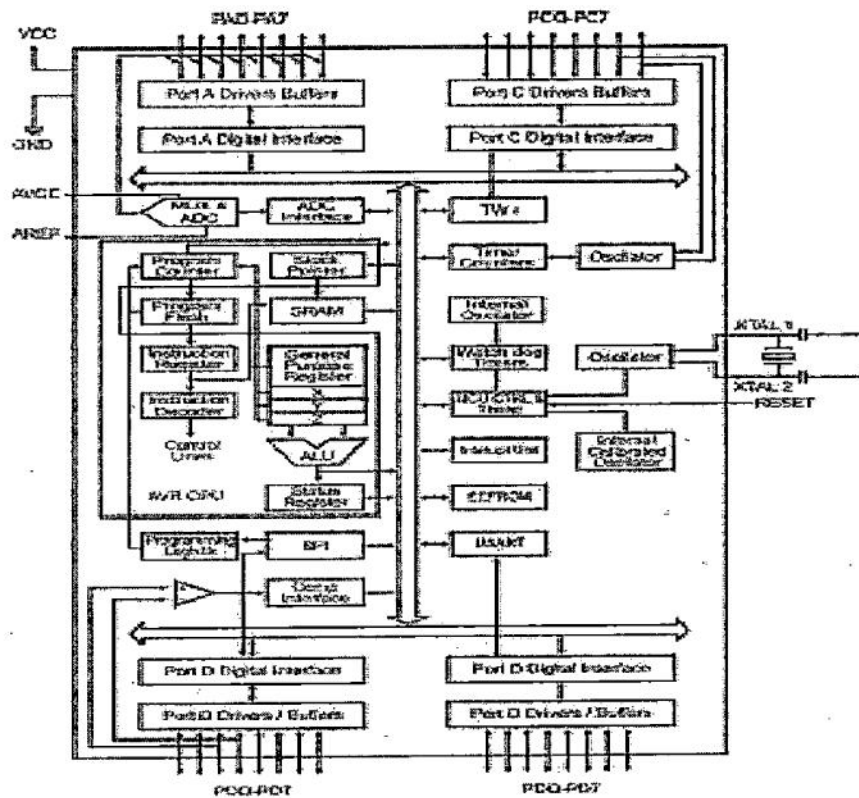
Suatu sistem kendali yang memproses input untuk menghasilkan output biasanya terdiri dari sebuah komputer atau kontroler berbasis mikrokontroler. Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor dimana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, clock dan peralatan internal lainnya yang sudah terhubung dan terorganisasi (teralamat) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai (Ardi Winoto, 2008).

### 2.2.8.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah ATmega 8535. Mikrokontroler ATmega8535 adalah termasuk keluarga mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's RISC processor*). Mikrokontroler AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) yaitu memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi clock.

#### a. Arsitektur ATmega 8535

- 1) Saluran IO sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D
- 2) ADC 10 bit sebanyak 8 Channel
- 3) Tiga buah timer / counter
- 4) 32 register
- 5) *Watchdog Timer* dengan oscilator internal
- 6) SRAM sebanyak 512 byte
- 7) Memori Flash sebesar 8 kb
- 8) Sumber Interrupt internal dan eksternal
- 9) Port SPI (*Serial Peripheral Interface*)
- 10) EEPROM on board sebanyak 512 byte
- 11) Komparator analog
- 12) Port USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*)



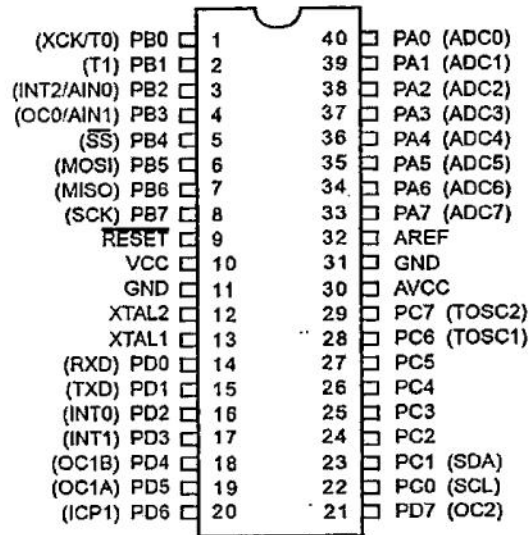
Gambar 2.11 Blok Diagram ATmega 8535

Fitur ATmega 8535

- 1) Sistem processor 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- 2) Ukuran memory *flash* 8KB, *SRAM* sebesar 512 byte, *EEPROM* sebesar 512 byte.
- 3) ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 channel
- 4) Port komunikasi serial USART dengan kecepatan maksimal 2.5 Mbps
- 5) Mode Sleep untuk penghematan penggunaan daya listrik

b. Konfigurasi Pin ATmega 8535

- 1) VCC merupakan Pin yang berfungsi sebagai pin masukan catudaya
- 2) GND merupakan Pin *Ground*
- 3) Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC
- 4) Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu Timer/Counter, komparator Analog dan SPI
- 5) Port C (PC0...PC7) merupakan port I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan Timer Oscillator
- 6) Port D (PD0...PD1) merupakan port I/O dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog dan interrupt eksternal serta komunikasi serial
- 7) RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- 8) XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal
- 9) AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC
- 10) AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC

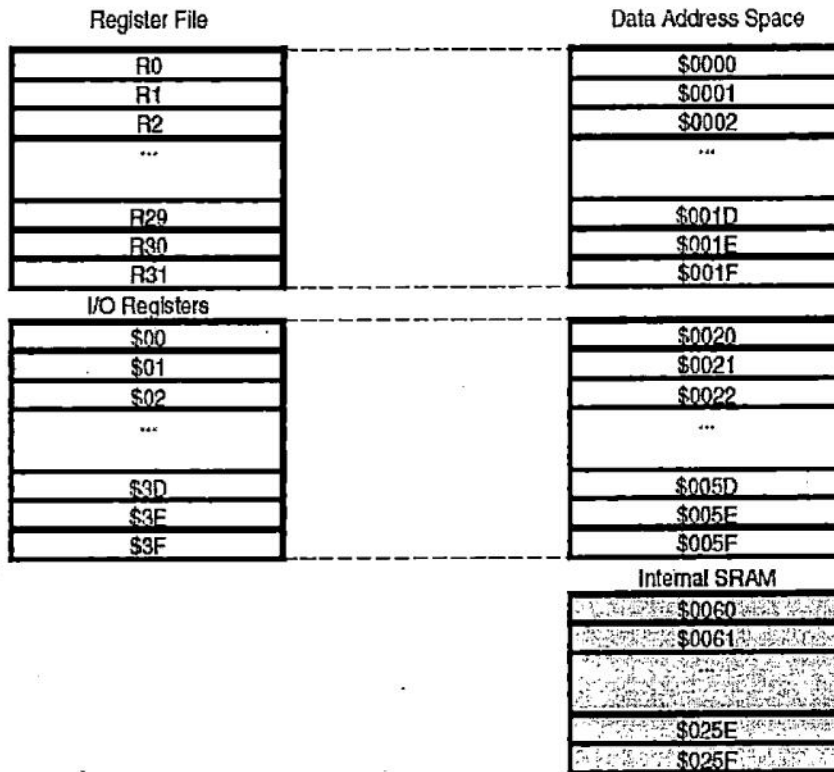


**Gambar 2.12** Konfigurasi Pin ATmega 8535

c. Peta Memory ATmega 8535

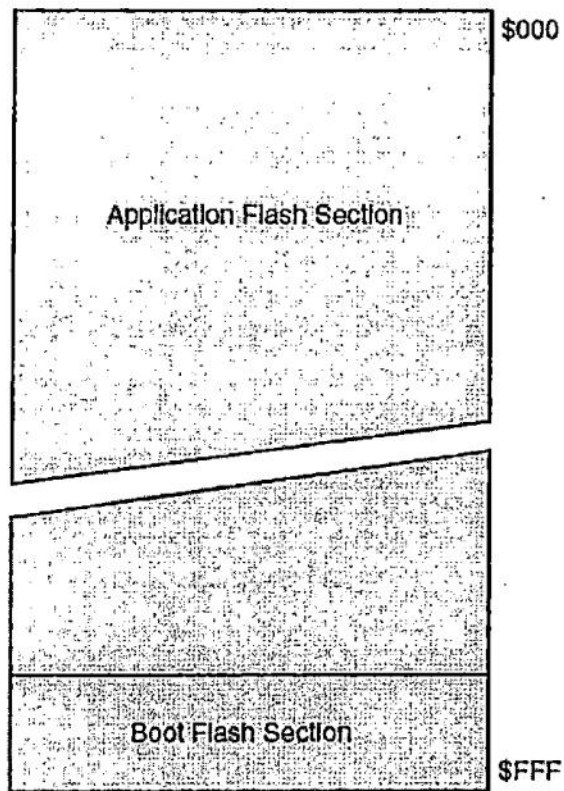
ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu : 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM internal. Register untuk keperluan umum menempati space data pada alamat terbawah yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 sampai \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler, seperti kontrol register, timer/counter, fungsi fungsi I/O, dan sebagainya. Register khusus alamat memori secara lengkap dapat dilihat pada tabel dibawah . Alamat memori berikutnya

digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F.



**Gambar 2.13** Memori Data AVR ATmega 8535

Memori program yang terletak pada Flash Perom tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32bit. AVR ATmega 8535 memiliki 4KByte x 16 Bit Flash Perom dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit Program Counter (PC) sehingga mampu mengamati isi Flash.



**Gambar 2.14** Memori Program AVR ATmega 8535

Selain itu AVR ATmega8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

d. Status Register

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	V	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Gambar 2.15** Status Register ATmega 8535

- 1) Bit7 --> I (*Global Interrupt Enable*), Bit harus di Set untuk mengenable semua jenis interupsi.
- 2) Bit6 --> T (*Bit Copy Storage*), Instruksi BLD dan BST menggunakan bit T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit T menggunakan instruksi BST, dan sebaliknya bit T dapat disalin kembali kesuatu bit dalam register GPR dengan menggunakan instruksi BLD.
- 3) Bit5 --> H (*Half Cary Flag*)
- 4) Bit4 --> S (*Sign Bit*) merupakan hasil operasi EOR antara flag -N (negatif) dan flag V (komplemen dua overflow).
- 5) Bit3 --> V (*Two's Component Overflow Flag*) Bit ini berfungsi untuk mendukung operasi matematis.
- 6) Bit2 --> N (*Negative Flag*) Flag N akan menjadi Set, jika suatu operasi matematis menghasilkan bilangan negatif.
- 7) Bit1 --> Z (*Zero Flag*) Bit ini akan menjadi Set apabila hasil operasi matematis menghasilkan bilangan 0.
- 8) Bit0 --> C (*Cary Flag*) Bit ini akan menjadi set apabila suatu operasi menghasilkan carry.



#### e. Pengarah Assembler

Pengarah assembler berguna untuk mengubah penunjuk kode assembly. Berikut adalah daftar beberapa sintaks pengarah assembler yang terdapat pada ATmega8535.

- 1) **.cseg (code segment)** pengarah ini berguna sebagai penunjuk bahwa kode atau ekspresi dibawahnya diletakkan pada memori program pengarah ini biasanya diletakkan setelah pengarah **.dseg**
- 2) **.db (data byte)** pengarah ini memungkinkan kita dapat meletakkan konstanta seperti serial number, dan lookup table di memory program pada alamat tertentu.
- 3) **.dw (data word)** pengarah ini seperti data byte, tetapi dalam ukuran word.
- 4) **.org** digunakan untuk mengeset program counter pada alamat tertentu
- 5) **.byte** digunakan untuk inialisasi besar byte yang digunakan pada SRAM untuk label tertentu
- 6) **.dseg (data segment)** pengarah ini berguna sebagai penunjuk bahwa kode dibawahnya berfungsi untuk melakukan seting SRAM
- 7) **.def (define)** pengarah ini memungkinkan suatu register dapat didefinisikan.
- 8) **.equ** berguna untuk memberi nama suatu konstanta yang tidak dapat berubah.
- 9) **.set** sama seperti **.equ** tetapi konstantanya dapat diubah.

- 10) **.endm (end macro)** untuk mengakhiri macro.
- 11) **.include** untuk mengincludekan sebuah file kedalam program agar program lebih cepat dimengerti atau memisahkan kedo dalam dua file terpisah.
- 12) **.device** sebagai penunjuk jenis AVR yang digunakan.
- 13) **.exit** sebagai penunjuk agar berhenti melakukan assembly pada file saat ini.
- 14) **.list** berguna membangkitkan file list.
- 15) **.listmac** berguna agar penambahan macro ditampilkan pada file list yang dibangkitkan.
- 16) **.nolist** berguna agar suatu runtun instruksi tidak dimasukkan dalam file list yang dibangkitkan.

#### **2.2.8.2 Analog to Digital Converter (ADC) AVR ATMega 8535**

Suatu sensor umumnya mengeluarkan tegangan analog. Tegangan analog ini harus diubah menjadi digital oleh mikrokontroler. ATMega 8535 memiliki fitur ADC dengan resolusi 10-bit, yang terhubung dengan delapan saluran Analog Multiplexer, sehingga memungkinkan untuk membangun sistem elektronika yang kompak. Pada pin ADC mikrokontroler tersebut terdapat rangkaian *Sample and Hold*, dimana tegangan input ADC ditahan dalam tingkat yang konstan pada saat konversi berlangsung. Kecepatan konversinya sekitar 65-260  $\mu$ s (*Widodo Budiharto & Gamayel Rizal, 2006*).

Untuk dapat menggunakan ADC maka terlebih dahulu harus dilakukan proses inialisasi ADC. Proses inialisasi ADC meliputi proses penentuan clock, tegangan referensi, format output data, dan mode pembacaan. Register yang perlu diset nilainya adalah ADMUX (*ADC Multiplexer Selection Register*), ADCSRA (*ADC Control and Status Register*), dan SFIOR (*Special Function IO Register*).

- a. ADMUX merupakan register 8-bit yang berfungsi menentukan tegangan referensi ADC, format data output, dan saluran ADC yang digunakan.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Gambar 2.16** Register ADMUX

- REFS[1..0] merupakan bit pengatur tegangan referensi ADC ATmega 8535. Memiliki nilai awal 00 sehingga referensi tegangan berasal dari pin AREF.

**Tabel 2.4** Mode Tegangan Referensi

REFS1	REFS0	Mode Tegangan Referensi
0	0	Tegangan dari pin AREF
0	1	Tegangan dari pin AVCC
1	0	Tidak digunakan
1	1	Tegangan referensi internal 2.56 V

ADLAR merupakan bit pemilih mode data keluaran ADC.

Bernilai awal 0 sehingga 2 bit tertinggi data hasil konversinya berada di register ADCH dan 8 bit sisanya berada di register ADCL.

MUX[4..0] merupakan bit pemilih saluran pembacaan ADC.

Bernilai awal 00000. Untuk *Single Ended Input*, MUX[4..0] bernilai 00000-11111

Tabel 2.5 *Single Ended Input*

MUX4..0	Single Ended Input	Pos Differential Input	Neg Differential Input	Gain
00000	ADC0	N/A		
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000	N/A	ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010		ADC0	ADC0	200x
01011		ADC1	ADC0	200x
01100		ADC2	ADC2	10x
01101		ADC3	ADC2	10x
01110		ADC2	ADC2	200x
01111		ADC3	ADC2	200x
10000		ADC0	ADC1	1x
10001		ADC1	ADC1	1x
10010		ADC2	ADC1	1x
10011		ADC3	ADC1	1x
10100		ADC4	ADC1	1x
10101		ADC5	ADC1	1x
10110		ADC6	ADC1	1x
10111		ADC7	ADC1	1x
11000	ADC0	ADC2	1x	
11001	ADC1	ADC2	1x	
11010	ADC2	ADC2	1x	
11011	ADC3	ADC2	1x	
11100	ADC4	ADC2	1x	

- b. ADCSRA merupakan register 8-bit yang berfungsi melakukan manajemen signal control dan status dari ADC. Proses konversi dimulai dengan cara memberikan logika 1 pada bit *ADC Start Conversion* (ADAC). Bit ini terus berlogika 1 selagi proses berlangsung dan akan diclearkan oleh *hardware* ketika konversi selesai.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	ADCSRA
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

**Gambar 2.17** Register ADCSRA

- ADEN merupakan bit pengaktif ADC (ADEN=0 disable / ADEN=1 enable)
- ADSC merupakan bit untuk memulai konversi. Dalam mode konversi tunggal pengesetan bit ini maka akan memulai konversi ADC untuk sekali konversi. Sedangkan dalam mode *free running* pengesetan bit ini akan memulai konversi secara kontinyu. Awal konversi bit ADSC untuk semua mode akan memakan 25 siklus clock ADC (keadaan normal 13 siklus ADC). Bit ADSC akan dibaca set selagi konversi berlangsung, ketika konversi selesai maka akan kembali clear. Penulisan clear pada bit ini tidak akan mempunyai pengaruh.
- ADFR merupakan bit untuk memilih mode operasi yang digunakan, ketika bit ini diset maka ADC akan menggunakan *free*

*running* dimana dalam mode ini ADC disample dan diupdate secara simultan/kontinyu. Ketika bit ini dclear maka akan mengakhiri mode *free running* dan masuk ke mode konversi tunggal

- ADIF merupakan bit yang akan diset secara otomatis ketika konversi ADC telah selesai, dan akan clear ketika eksekusi interupsi *ADC conversion complete*.
- ADIE merupakan bit yang bertugas untuk mengaktifkan interupsi *ADC conversioan complete* (ADIE=0 disable / ADIE=1 enable)
- ADPS[2..0] merupakan bit yang menentukan faktor pembagi frekuensi CPU yang digunakan untuk clock ADC.

**Tabel 2.6 ADC Prescaler**

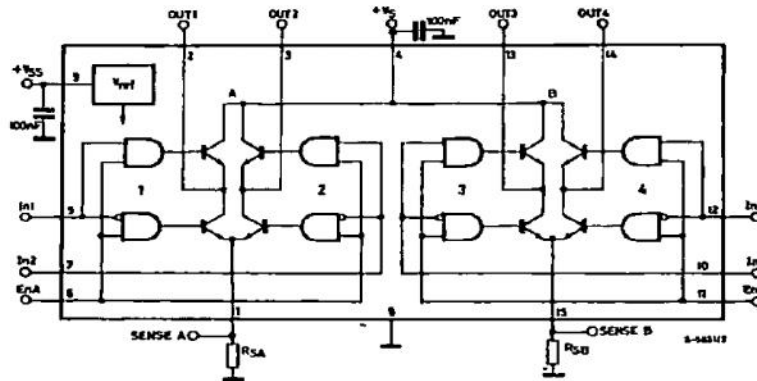
ADPS2	ADPS1	ADPS0	Faktor Pembagi
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

### 2.2.8.3 Motor Driver

Pengendali pergerakan panel surya memerlukan sebuah aktuator untuk menggerakkan panel surya agar terus mengikuti pergerakan matahari. Aktuator yang dipakai adalah motor DC. Motor tersebut perlu dikendalikan baik arah rotasi dan kecepatan putarannya. Contoh IC driver yang umum digunakan untuk aplikasi pengendalian motor tersebut adalah L298 buatan STMicroelectronics.

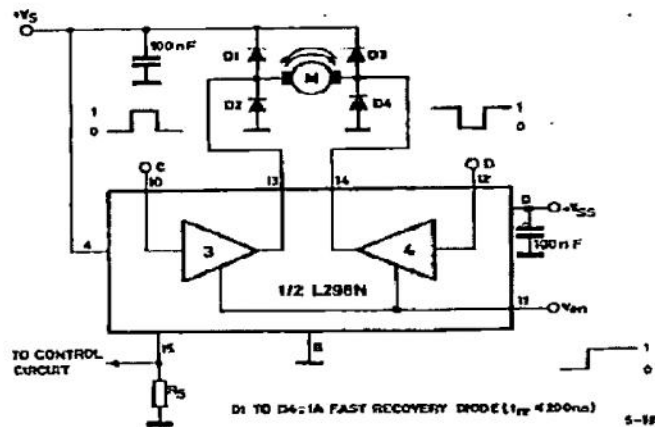
Menurut L298 *datasheet*, L298 adalah *Dual Full bridge driver*. L298 didesain memiliki tegangan penggerak yang tinggi dan arus yang besar dengan menerima input standar *level* logika TTL untuk menggerakkan beban induktif seperti relay, solenoid, DC dan stepping. Berikut adalah spesifikasi singkat dari L298 :

- Tegangan operasi sampai 46V
- Total Arus DC sampai 4A
- Tegangan saturasi yang rendah
- Proteksi terhadap temperatur berlebih
- Input tegangan logika "0" sampai 1.5V (*High Noise Immunity*)



Gambar 2.18 Diagram Blok L 298

Dua input *enable* disediakan untuk membolehkan atau melarang sinyal input masuk *device* secara independen. Sebuah tambahan input tegangan disediakan agar logika bekerja pada tegangan yang lebih rendah. Berikut adalah diagram skematik aplikasi L289 untuk menggerakkan motor dua arah:



Gambar 2.19 Aplikasi L298 Pengendali Arah Putaran Motor DC



Tabel 2.7 Tabel Kebenaran dari Aplikasi L298 Pengendali Arah

## Putaran Motor DC

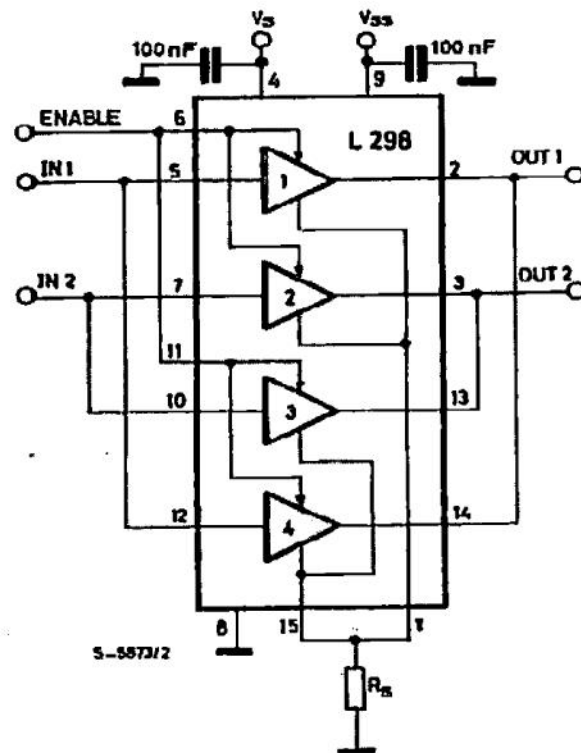
Inputs		Function
$V_{en} = H$	$C = H; D = L$	Forward
	$C = L; D = H$	Reverse
	$C = D$	Fast Motor Stop
$V_{en} = L$	$C = X; D = X$	Free Running Motor Stop

L = Low

H = High

X = Don't care

Diagram skematik di atas menunjukkan kendali motor DC *bidirectional* yang hanya membutuhkan satu buah *bridge* saja. Eksternal diode D1-D4 dibuat dari empat buah *fast recovery elements*. Fungsi pengereman (*Fast Motor Stop*) membutuhkan bahwa rating absolut maksimal 2 A tidak tercapai. Jika arus repetitif puncak dibutuhkan untuk beban yang melebihi 2 A maka sebuah konfigurasi paralel dibutuhkan. Catatan aplikasi pada *datasheet* L298 mencantumkan konfigurasi tersebut seperti dalam diagram skematik berikut:



**Gambar 2.20** Konfigurasi Paralel untuk Arus yang Lebih Besar

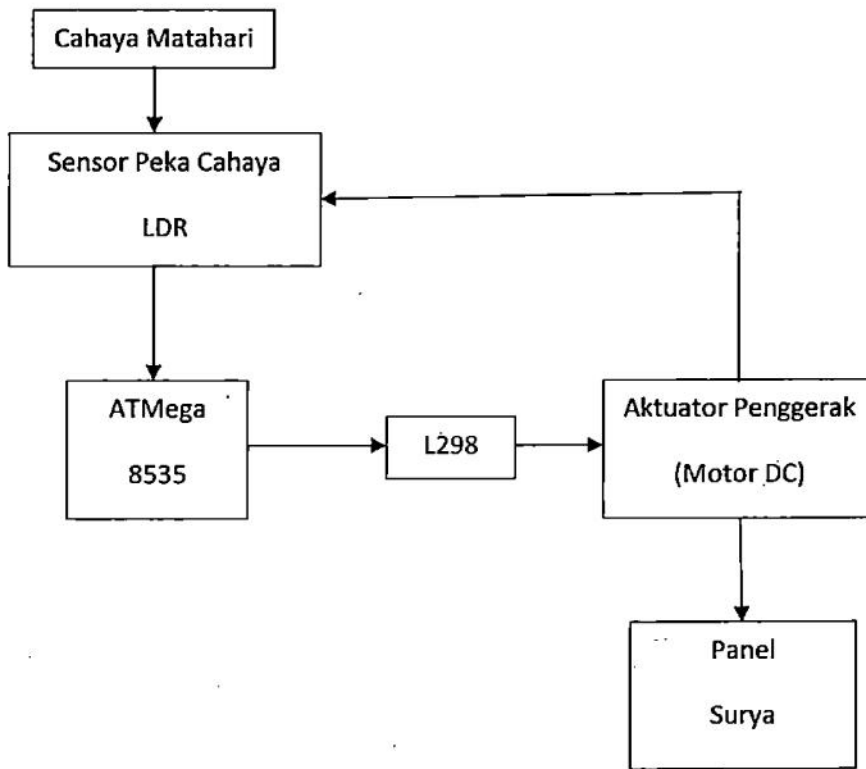
Konfigurasi di atas dapat menggerakkan beban hingga 3A pada operasi DC hingga 3.5 A pada arus puncak repetitif.

### 2.3 Spesifikasi Garis Besar dari Produk yang Direncanakan

Berdasarkan informasi yang telah diperoleh dan beberapa pertimbangan berikut adalah spesifikasi garis besar produk :

- Panel surya yang digunakan adalah tipe polikristal dengan kapasitas daya 50Wp
- Sensor yang digunakan untuk sun tracking adalah sensor peka cahaya berupa LDR
- *Solar Charge Regulator* yang digunakan adalah *Charge Controller* 10 A buatan Phocos, Germany
- Aktuator penggerak panel surya berupa *linear actuator* tipe HARL 3618+
- Kontroler berbasis mikrokontroler AVR ATmega 8535, yang digunakan untuk mengolah data dari sensor, memprosesnya dengan algoritma tertentu kemudian menghasilkan output sinyal untuk mengendalikan motor
- *Motor Driver* menggunakan IC L298
- IC L298 dikonfigurasi paralel sesuai *application note datasheet* untuk menghasilkan kapasitas arus yang lebih besar

Berdasarkan dari spesifikasi alat maka gambaran umum dari alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.21** Diagram Blok Pengendalian *Sun Tracking*

Pada diagram blok di atas untuk mengetahui dimana posisi cahaya matahari digunakan sensor peka cahaya yang berupa LDR. Data yang dihasilkan oleh sensor dibaca oleh mikrokontroler ATMega 8535. Data yang terbaca tersebut berupa data kuat intensitas cahaya yang kemudian diolah oleh mikrokontroler dengan algoritma tertentu untuk menghasilkan output sinyal yang akan diumpankan ke driver motor L298. Data yang diterima L298 digunakan untuk menggerakkan aktuator penggerak berupa motor DC. Pergerakan motor DC inilah yang akan mengendalikan pergerakan panel surya agar dapat mengikuti pergerakan cahaya matahari.