

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya



Gambar 2.1 Panel Surya

Panel surya terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang, pada gambar 2.1 merupakan bentuk dari panel surya. Dengan menambah panel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Sel silikon di dalam panel surya yang disinari matahari, membuat photon bergerak menuju electron dan menghasilkan arus dan tegangan listrik. Sebuah sel silikon menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 *solar cell* (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum). Panel surya 50WP 12 V, memberikan keluaran daya sebesar 50 Watt per *hour* dan tegangan adalah 12Volt. Untuk perhitungan daya yang dihasilkan per hari adalah 50Watt x 5jam. (Muhammad Irwansyah dan Didi Istardi, M.Sc)

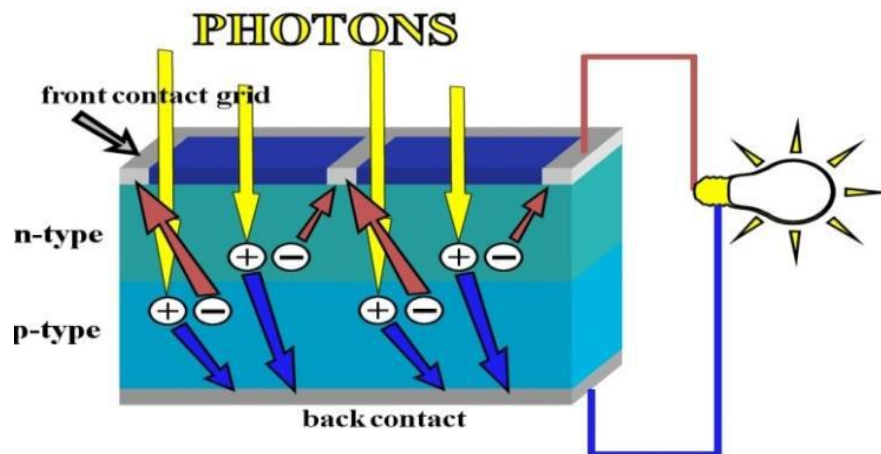
Posisi yang paling ideal untuk panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari. Panel surya memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan

yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan. Pada umumnya panel surya tidak membutuhkan pemeliharaan yang rutin seperti genset.

Pemeliharaan panel surya cukup dengan membersihkan panel surya secara berkala agar tidak mengurangi penyerapan intensitas matahari dan mengatur letak panel surya agar mendapatkan sinar matahari secara langsung tanpa ada yang menghalangi.

2.1.1 Prinsip Dasar Teknologi *Solar Cell* (*Photovoltaic*) dari Bahan Silikon

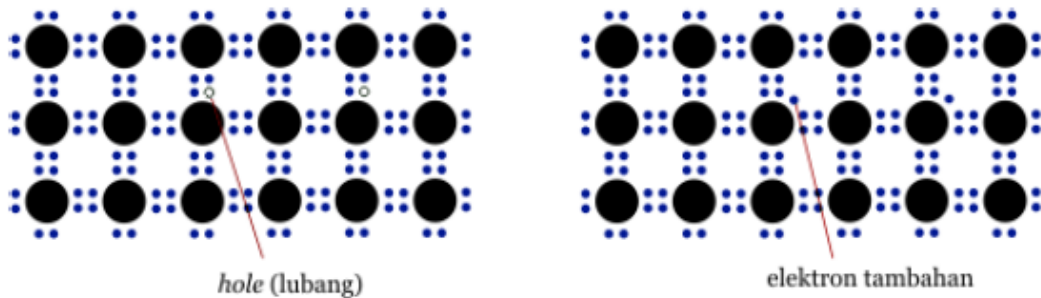
Solar cell merupakan suatu perangkat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam Kristal semikonduktor diberikan sejumlah energi. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silikon (Ady Iswanto : 2008). Pada gambar 2.2 merupakan gambar dari cara kerja *solar cell*



Gambar 2.2 Cara Kerja *Solar Cell*

(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/149/jtptunimus-gdl-efendiabdu-7401-3-babii.pdf>. Diakses pada 28 April 2016)

2.1.2 Semikonduktor Tipe P dan Tipe N

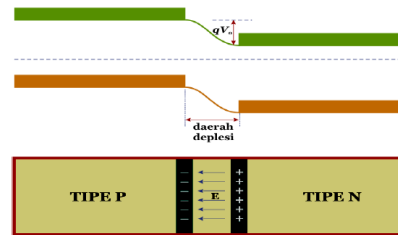


Gambar 2.3 Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)

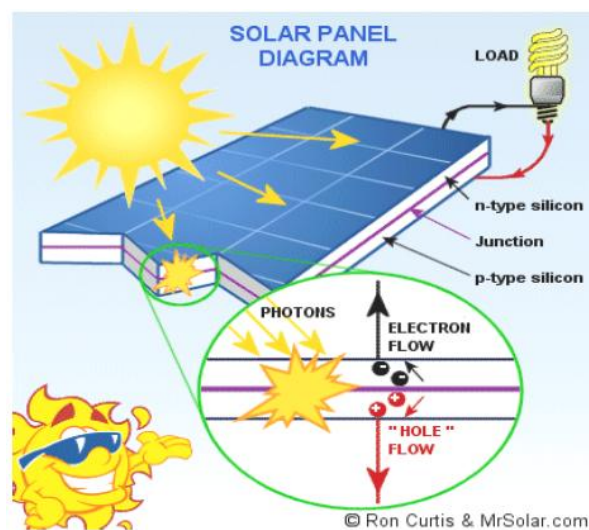
(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/149/jtptunimus-gdl-efendiabdu-7401-3-babii.pdf>. Diakses pada 28 April 2016)

Ketika suatu Kristal silikon ditambahkan dengan unsur golongan kelima, misalnya arsen, maka atom-atom arsen itu akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas tersebut berasal dari kelebihan elektron yang dimiliki oleh arsen terhadap lingkungan sekitarnya, dalam hal ini adalah silikon. Semikonduktor jenis ini kemudian diberi nama semikonduktor tipe-n bisa dilihat pada gambar 2.3. Hal yang sebaliknya terjadi jika Kristal silikon ditambahkan oleh unsur golongan ketiga, misalnya boron, maka kurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan munculnya *hole* yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut. Semikonduktor ini dinamakan semikonduktor tipe-p bisa dilihat pada gambar 2.3. 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.

2.1.3 Sambungan P-N



Gambar 2.4 Diagram Energi Sambungan P-N Munculnya Daerah Deplesi
(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)



Gambar 2.5 Struktur Solar Cell Silikon P-N Junction

(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/149/jtpunimus-gdl-efendiabdu-7401-3-babii.pdf>. Diakses pada 28 April 2016)

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n disambungkan maka akan terjadi difusi *hole* dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi elektron dari tipe-n menuju tipe-pn. 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 bisa dilihat pada gambar 2.4. deplesi ini 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, elektron adalah partikel bermuatan yang mampu dipengaruhi oleh medan listrik. Kehadiran medan listrik pada elektron dapat mengakibatkan elektron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada solar cell sambungan p-n, yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar elektron dapat mengalir akibat kehadiran medan listrik tersebut.

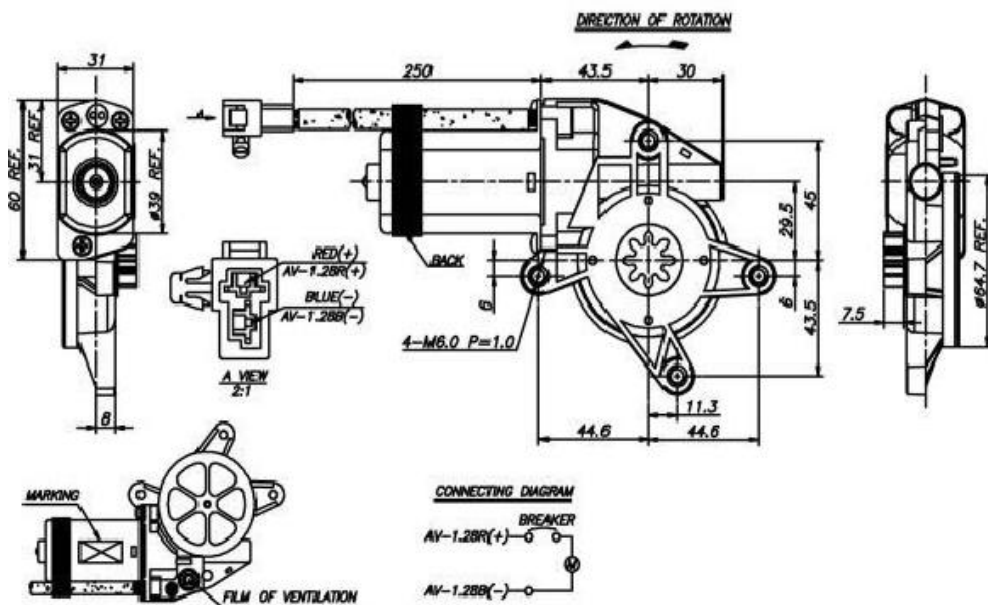
Ketika *junction* disinari seperti gambar 2.5, *photon* yang mempunyai elektron sama atau lebih besar dari lebar pita elektron tersebut akan menyebabkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan *hole* pada pita valensi. Elektron dan hole ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan elektronhole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir. Energi yang dihasilkan oleh *solar cell* akan dialirkan menuju ke *Converter*. Agar energi yang dihasilkan oleh *solar cell* lebih baik lagi maka panel surya akan selalu diarahkan ke sumber energi atau matahari, untuk menggerakkan panel surya tersebut maka dibutuhkan motor *power window* untuk membantu untuk menggerakannya.

(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/149/jtptunimus-gdl-efendiabdu-7401-3-babii.pdf>)

2.2 Motor Power Window

Motor DC adalah suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi mekanis yang berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan dimana kontrol kecepatan dan ketepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan bagian motor DC yang paling penting adalah rotor dan stator. Yang termasuk bagian stator adalah badan motor, sikat-sikat dan inti kutub magnet. Bagian rotor adalah bagian yang berputar dari suatu motor DC. Yang termasuk rotor yaitu lilitan jangkar, jangkar, komutator, tali, isolator, poros, bantalan dan kipas.

Motor DC biasanya digunakan dalam rangkaian yang memerlukan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan, pada torsi yang konstan. Motor DC digunakan dimana kontrol torsi dan kecepatan dengan rentang yang lebar diperlukan untuk memenuhi kebutuhan dalam aplikasinya. Sifat dari motor DC bila tenaga mekanik yang diperlukan cukup kecil maka motor DC yang digunakan cukup kecil pula. Motor DC untuk tenaga kecil umumnya menggunakan magnet permanen sedangkan motor listrik DC yang dapat menghasilkan tenaga mekanik besar menggunakan magnet listrik. (Gesit Ari Nuhroho : 2006). Pada gambar 2.6 merupakan konstruksi motor DC *power window*.



Gambar 2.6 Konstruksi Motor DC Power Window

(Sumber: http://img.weiku.com/waterpicture/2012/6/6/16/electric_car_power_window_lift_motor_634759096469267759_3.jpg. Diakses Pada 17 Mei 2016)

Semua motor DC beroperasi atas dasar arus yang melewati konduktor yang berada dalam medan magnet motor DC disini digunakan sebagai motor penggerak utama. Terdapat dua tipe motor DC berdasarkan prinsip medannya, yaitu:

1. Motor DC dengan magnet permanen.
2. Motor DC dengan lilitan yang terdapat pada stator.

Motor DC dapat bekerja hanya dengan memberi polaritas tegangan pada motornya. Untuk pengaturan penggunaannya diperlukan suatu rangkaian *driver*. Fungsi dari rangkaian *driver* ini adalah agar motor DC tersebut dapat diatur berjalan atau berhenti.

Untuk menentukan torsi dan kecepatan yang dikehendaki oleh motor DC. Diatur melalui besar beda potensial yang diberikan. Semakin besar potensial yang diberikan maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil sedangkan kecepatannya akan semakin besar. Hal inilah yang menjadi alasan penggunaan motor *power window* karena adanya beberapa faktor seperti torsi tinggi dengan rating tegangan input yang rendah yaitu 12VDC dan dimensi motor yang relatif *simple (ramping)* dilengkapi dengan internal gearbox sehingga memudahkan untuk instalasi mekanik. Aplikasi orisinil motor ini dipakai sebagai actuator *open-close* jendela mobil, akan tetapi banyak pula ditemui pemakaian motor ini dalam sistem actuator robot sebagai modul yang membutuhkan spek kecepatan rendah dan torsi yang tinggi. Motor *Power Window (made in Jerman)* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

<i>Rate voltage</i>	: DC 12 Volt <i>Operating</i>
<i>Voltage Range</i>	: DC 10-16 Volt <i>Operating</i>
<i>Temperature Range</i>	: -30° C – (+) 80° C (-22° F – (+) 176° F)
<i>Speed</i>	: 40 ± 5 rpm
<i>Load</i>	: 4 N.m
<i>Power Window</i>	: 200 mA (<i>coil load</i>) 12 V 10 A
Seri	: 4 Ra 003 510-08

Agar motor *power window* bergerak sesuai waktu yang diinginkan dan dengan jarak gerak yang diinginkan maka motor *power window* ini diatur atau dikontrol melalui arduino dimana pada arduino telah diberi program agar motor tersebut bekerja sesuai dengan program yang telah dimasukan pada arduino tersebut.

2.3 Arduino

Arduino dirilis oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles pada tahun 2005. Arduino merupakan sistem mikrokontroler yang relatif mudah dan cepat dalam membuat aplikasi elektronika maupun robotika. Arduino terdiri dari perangkat elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino memiliki *software* dan *hardware*. Gambar 2.7 menunjukkan logo Arduino.



Gambar 2.7 Logo Arduino

(Sumber : http://eprints.undip.ac.id/41662/8/BAB_2.pdf. Diakses Pada 9 Mei 2016)

2.3.1 Hardware

Arduino saat ini telah menggunakan seri chip megaAVR, khususnya ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, ATmega2560. Kebanyakan papan Arduino memiliki regulator *linear* 5 volt dan 16 MHz osilator kristal (atau resonator keramik dalam beberapa varian). Arduino memiliki banyak jenisnya. Tabel 2.1 berikut ini menunjukkan beberapa jenis Arduino.

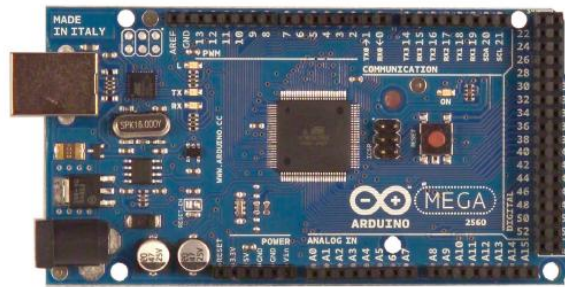
Tabel 2.1 Beberapa Jenis Arduino

No	Jenis Arduino	Processor	Frekuensi (MHz)	Digital IO Pin	Analog Input Pin	PWM Pin
1	ADK	ATmega	16	54	16	14

		2560				
2	BT (<i>Bluetooth</i>)	ATmega 328	16	14	6	4
3	Diecimila	ATmega 168	16	14	6	6
4	Due	AT91SAM	84	54	12	12
5	Duemilanova	ATmega 168/328P	16	14	6	6
6	Ethernet	ATmega 328	16	14	6	3
7	Fio	ATmega 328P	8	14	8	6
8	Leonardo	ATmega 32u4	16	14	12	6
9	LilyPad	ATmega 168v atau ATmega 328	8	14	6	6
10	Mega	ATmega 1280	16	54	16	14
11	Mega 2560	ATmega 2560	16	54	16	14
12	Nano	ATmega 168 atau ATmega 328	16	14	8	6
13	Uno	ATmega 328P	16	14	6	6
14	Micro	ATmega 32u4	16	20	12	7

(Sumber : http://eprints.undip.ac.id/41662/8/BAB_2.pdf)

Arduino AT Mega yaitu mikrokontroler Arduino dengan spesifikasi yang lebih tinggi, dilengkapi tambahan pin digital, pin analog, port serial dan sebagainya. Arduino Mega berbasis ATmega2560 dengan 54 digital input/output, seperti yang terlihat di gambar 2.8



Gambar 2.8 Arduino Mega 2560
(Sumber : arduino.cc. Diakses Pada 9 Mei 2016)

Modul Arduino yang digunakan pada pembuatan alat ini adalah Arduino mega 2560. Arduino mega 2560 adalah piranti mikrokontroler menggunakan ATmega 2560. Modul ini memiliki 54 digital *input* dan *output*. Dimana 14 pin digunakan untuk PWM *output* dan 16 pin digunakan sebagai analog *input*, 4 pin untuk UART, 16 MHz osilator Kristal, koneksi USB, *power jack* ICSP header, dan tombol reset. Modul ini memiliki segala yang dibutuhkan untuk memprogram mikrokontroler seperti kabel USB dan catu daya melalui adaptor atau baterai. Semua ini diberikan untuk mendukung pemakaian mikrokontroler Arduino, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau listrik dengan adaptor dari AC ke DC atau baterai untuk memulai pemakaian.

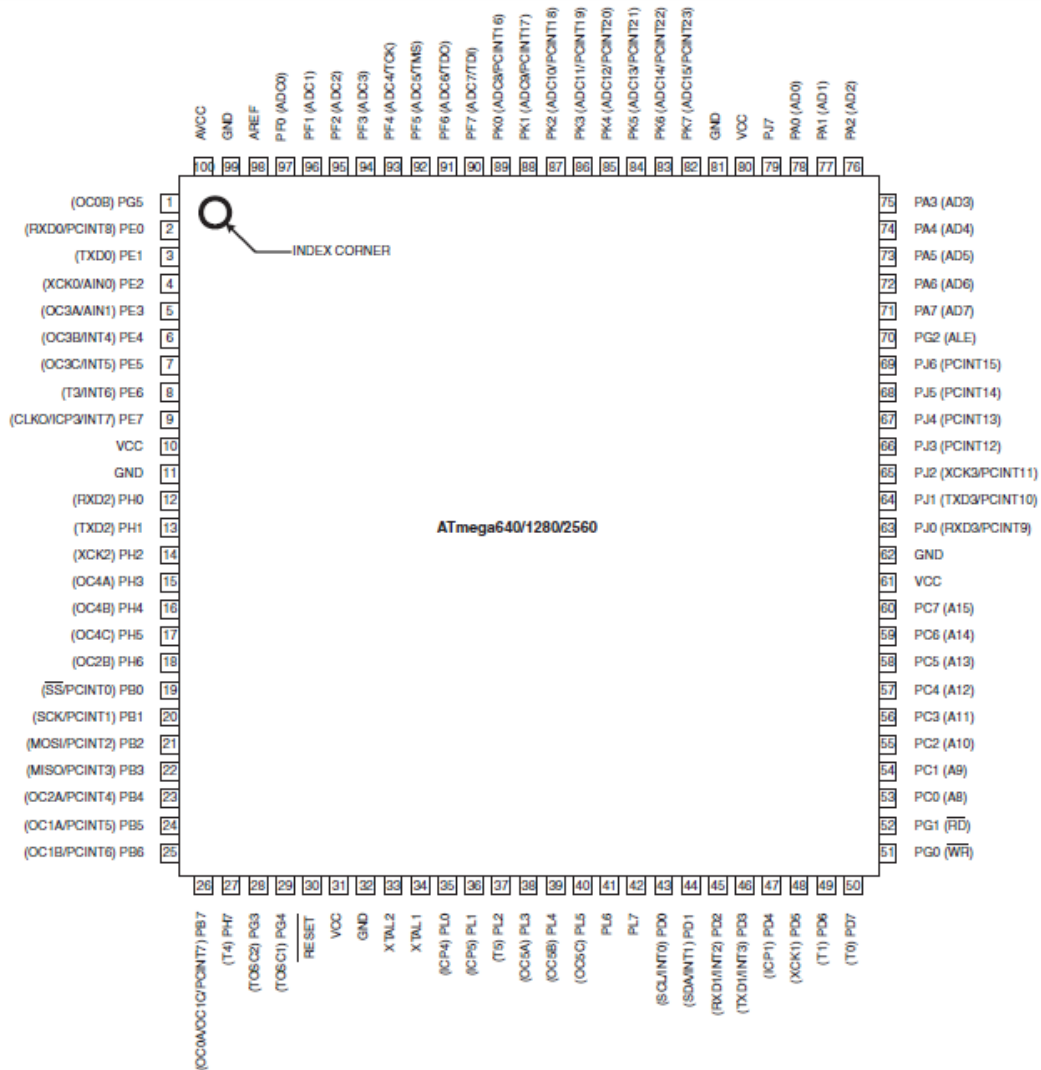
Spesifikasi :

- Mikrokontroler : ATmega 2560
- *Operating Voltage* : 5V
- *Input Voltage (recommended)* : 7 – 12 V
- *Input Voltage (limits)* : 6 – 20 V
- *Digital I/O Pins* : 54 (15 PWM Output)
- *Analog Input Pins* : 16
- *DC current for I/O pin* : 40 mA
- *DC current for 3.3 V pin* : 50 mA

- Flash Memory :256 KB (8 KB digunakan untuk *bootloader*)
- SRAM : 8 KB
- EEPROM : 4 KB

(Sumber : <http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/96/jbptppolban-gdl-mochamadri-4787-3-bab2--8.pdf>)

Berikut Gambar 2.9 dibawah ini adalah gambar dari pemetaan pin-pin dari Arduino Mega 2560, serta pada tabel 2.2 merupakan penjelasan dari I/O pada arduino mega 2560.



Gambar 2.9 Pemetaan Pin ATmega 2560

(Sumber : <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/175205/ATMEL/ATMEGA2560-16AU.html>. Diakses Pada 9 Mei 2016)

Tabel 2.2 Arduino Mega 2560 Pin Mapping Table

<i>Pin Number</i>	<i>Pin Name</i>	<i>Mapped Pin Name</i>
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLKO/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)

19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4)	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49
36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5)	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)

41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Digital pin 38
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40
53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33
58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND

63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28
73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13

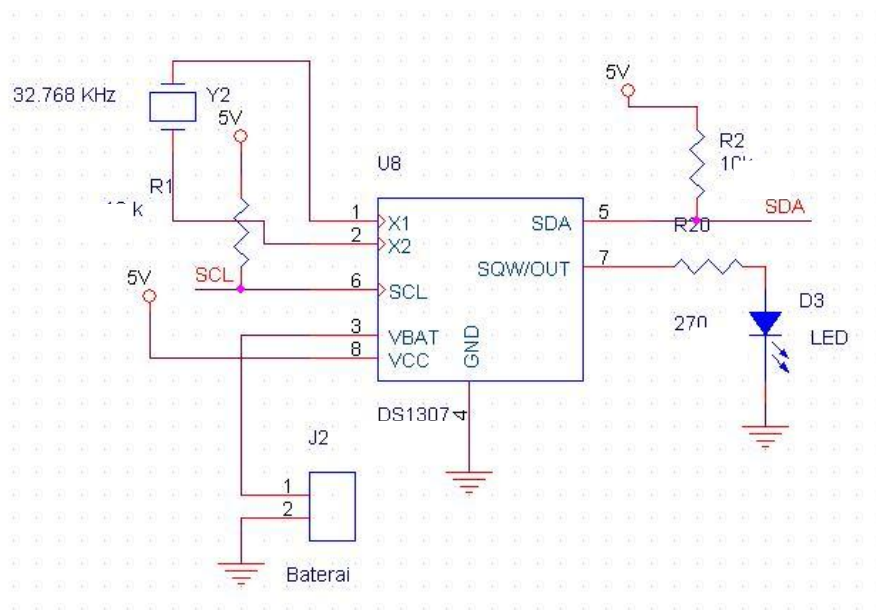
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

Arduino mega ini digunakan sebagai pengontrol gerak motor dan kecepatan motor dengan menggunakan program yang dimasukan di dalam arduino itu sendiri. Untuk menggerakkan motor tersebut diperlukan *Real Time Clock* (RTC) yang berfungsi agar setiap jam yang telah ditentukan motor akan bergerak sehingga seolah-olah panel surya mengikuti arah matahari.

2.4 Real Time Clock (RTC)

RTC (Real Time Clock) adalah jenis pewaktu yang bekerja berdasarkan waktu yang sebenarnya atau dengan kata lain berdasarkan waktu yang ada pada jam kita. Agar dapat berfungsi, pewaktu ini membutuhkan dua parameter utama yang harus ditentukan, yaitu pada saat mulai (*start*) dan pada saat berhenti (*stop*).

Biasanya *Real Time Clock* berbentuk suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. Dan dalam proses penyimpanannya RTC memiliki register yang dapat menyimpan data detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun. RTC ini memiliki 128 lokasi RAM yang terdiri dari 15 Byte untuk data waktu serta kontrol dan 113 byte sebagai RAM umum. Pada gambar 2.10 merupakan skema rangkaian umum dari rangkaian RTC.



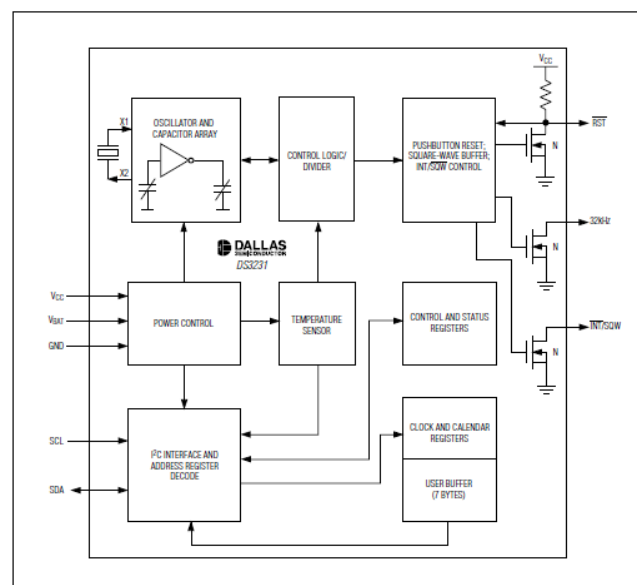
Gambar 2.10 Skematik RTC DS3231

Ada beberapa jenis RTC yang sering digunakan yaitu :

1. DS1307
2. DS1302
3. DS12C887
4. DS3234
5. DS3231

Pada rangkaian ini digunakan RTC dengan jenis DS3231. Dimana DS3231 merupakan RTC (*real time clock*) dengan kompensasi suhu Kristal osilator yang terintegrasi (TXC0). TXC0 menyediakan *clock* referensi yang stabil dan akurat, dan memelihara RTC sekitar ± 2 menit per tahun. Keluaran frekwensi tersedia pada pin 32 kHz. DS3231 menyediakan waktu dan kalender dengan dua waktu alarm dalam satu hari dan keluaran gelombang persegi yang dapat deprogram. Waktu/kalender memberikan informasi tentang detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun yang terdapat pada register internal. Registr internal ini dapat di akses menggunakan bus antar muka I2C.

Blok diagram pada Gambar 2.11, memperlihatkan element-element utama DS3231. Delapan blok dapat dikelompokkan kedalam empat fungsi grup yaitu TXC0, power control, fungsi *pushbutton* dan RTC.



Gambar 2.11 Blok Diagram DS3231

Pada Tabel 2.3 memperlihatkan peta alamat DS3231. Informasi waktu dan kalender diperoleh dengan membaca *byteregistr* yang isinya dalam format BCD (*binary code decimal*). Waktu dan kalender diset atau diinisialisasikan dengan menuliskan datanya dalam format BCD pada register. DS3231 dapat aktif dalam mode 12 jam atau 24 jam dengan memiliki bit *select*. Ketika bit *select* tinggi,

maka mode 12 jam yang dipilih dan bit 5, AM/PM bit akan menjadi tinggi jika PM atau rendah jika AM. Dalam mode 24 jam bit 5 merupakan bit 10-jam yang kedua (20-23 jam). Register hari dalam seminggu bertambah saat tengah malam. Ketika membaca atau menulisi waktu dan tanggal pada register, *buffer* kedua digunakan untuk menjaga kesalahan ketika internal register diupdate. Untuk menampilkan waktu tersebut maka digunakanlah LCD (*Liquid Crystal Display*) agar mudah melihat hasil dari RTC.

Tabel 2.3 Peta Alamat Register DS3231

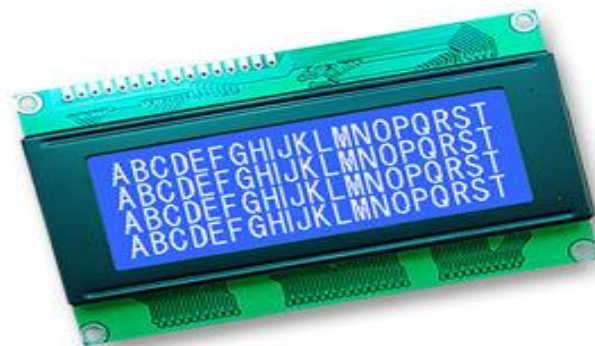
ADDRESS	BIT 7 MSB	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0 LSB	FUNCTION	RANGE
00H	0	10 Seconds			Seconds			Seconds	Seconds	00-59
01H	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	Minutes	00-59
02H	0	12/24	AM/PM 10 Hour	10 Hour	Hour			Hours	Hours	1-12 + AM/PM 00-23
03H	0	0	0	0	0	Day			Day	1-7
04H	0	0	10 Date		Date			Date	Date	00-31
05H	Century	0	0	10 Month	Month			Month/ Century	Month/ Century	01-12 + Century
06H	10 Year			Year			Year	Year	Year	00-99
07H	A1M1	10 Seconds			Seconds			Alarm 1 Seconds	Alarm 1 Seconds	00-59
08H	A1M2	10 Minutes			Minutes			Alarm 1 Minutes	Alarm 1 Minutes	00-59
09H	A1M3	12/24	AM/PM 10 Hour	10 Hour	Hour			Alarm 1 Hours	Alarm 1 Hours	1-12 + AM/PM 00-23
0AH	A1M4	DY/DT	10 Date		Day			Alarm 1 Day	Alarm 1 Day	1-7
					Date			Alarm 1 Date	Alarm 1 Date	1-31
0BH	A2M2	10 Minutes			Minutes			Alarm 2 Minutes	Alarm 2 Minutes	00-59
0CH	A2M3	12/24	AM/PM 10 Hour	10 Hour	Hour			Alarm 2 Hours	Alarm 2 Hours	1-12 + AM/PM 00-23
			Day			Alarm 2 Day	Alarm 2 Day	1-7		
0DH	A2M4	DY/DT	10 Date		Date			Alarm 2 Date	Alarm 2 Date	1-31
					Date			Alarm 2 Date	Alarm 2 Date	1-31
0EH	EOSC	BBSQW	CONV	RS2	RS1	INTCN	A2IE	A1IE	Control	—
0FH	OSF	0	0	0	EN32kHz	BSY	A2F	A1F	Control/Status	—
10H	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	Aging Offset	—
11H	SIGN	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	MSB of Temp	—
12H	DATA	DATA	0	0	0	0	0	0	LSB of Temp	—

Untuk menampilkan detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun maka dibutuhkan LCD agar kita bisa melihat waktu yang telah disimpan dalam RTC ini.

2.5 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display atau LCD adalah alat tampilan yang biasa digunakan untuk menampilkan karakter ASCII sederhana, dan gambar pada alat-alat digital seperti ja tangan, kalkulator dan lain-lain (Syamsudin, 2008). LCD merupakan sebuah modul yang digunakan untuk menampilkan data. Salah su jenis

LCD adalah LM004L merupakan modul LCD dengan tampilan 20x4 (20 kolom x 4 baris) dengan konsumsi daya rendah. Modul LCD terdiri dari sejumlah memori untuk menampilkan teks ke modul LCD (Syarif, 2005). Alamat awal karakter adalah 00H dan alamat akhir adalah 39H untuk baris pertama. Jadi, alamat awal pada baris kedua dimulai dari 40H. jika ingin meletakkan suatu karakter pada baris kedua kolom pertama, maka harus diatur pada alamat 40H. jadi meskipun LCD yang digunakan 2x16 atau 2x24 atau bahkan 2x40, maka penulisan programnya sama saja. Bentuk fisik dari LCD akan tampak seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Modul LCD Karakter 4x20

(Sumber : http://www.raspberrypi-spy.co.uk/wp-content/uploads/2012/08/20x4_lcd_module.jpg. Diakses Pada 17 Mei 2016)

Keterangan pin pada modul LCD 4x20 dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Pin dan Fungsi LCD 4x20

PIN	Nama	Level	Fungsi
1	Vss	0V	<i>Ground</i>
2	Vdd	5V	<i>Supple Voltage for logic</i>
3	V0	(Variabel)	<i>Operating voltage for LCD</i>
4	RS	H/L	H: Data, L: <i>Instruction Code</i>
5	R/W	H/L	H: <i>Read (MPU->Module)</i> , L: <i>White (MPU->Module)</i>
6	E	H,H>L	<i>Chipe enable signal</i>
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1

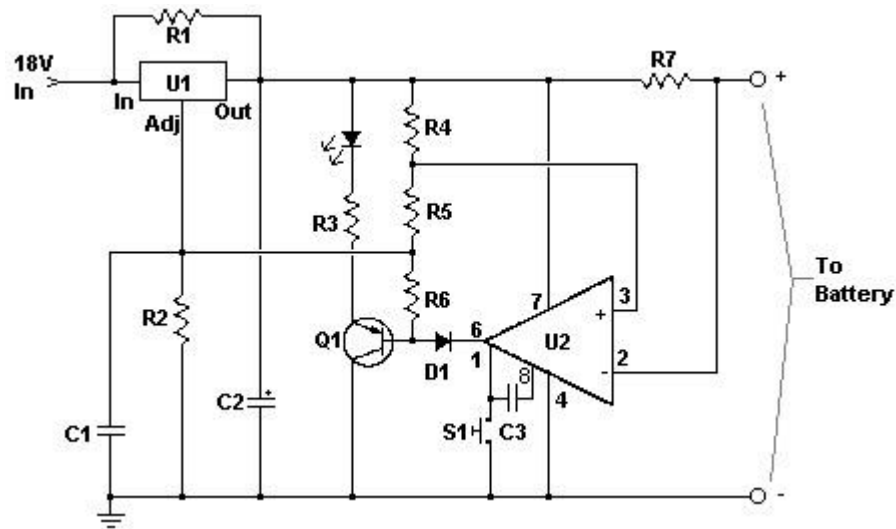
9	DB2	H/L	Data bit2
10	DB3	H/L	Data bit3
11	DB4	H/L	Data bit4
12	DB5	H/L	Data bit5
13	DB6	H/L	Data bit6
14	DB7	H/L	Data bit7
15	LED+	-	<i>Anode of Led Backlight</i>
16	LED-	-	<i>Cathode of Led Backlight</i>

(Sumber : <http://digilib.unila.ac.id/6405/17/BAB%20II.pdf>)

Setelah panel surya menyerap energi dari matahari yang dikonversikan menjadi listrik dengan tegangan DC, dan untuk menggerakkan panel surya tersebut menggunakan motor *power window* dimana motor ini dikontrol melalui arduino dengan perintah waktu yang diatur oleh RTC dimana waktu tersebut akan ditampilkan pada LCD. Setelah semua berjalan maka energi yang telah dikonversi menjadi listrik DC tersebut akan menuju *charger controller*.

2.6 Charger Controller

Pada dasarnya *charger* adalah suatu alat yang digunakan sebagai pengisi ulang baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya dengan melawan arus listriknya. Seiring dengan kemajuan teknologi maka ditambahkan *controller* pada *charger* tersebut.(Faizal Zul Ardhi : 2011). Fungsi *Charger Controller* adalah sebagai pengatur arus listrik (*Current Regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar atau yang digunakan. Bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan (*Overcharge*), mengatur arus dari panel surya ke baterai. Pada gambar 2.13 merupakan contoh rangkaian *charger controller*.



Gambar 2.13 Rangkaian *Charge Controller*

Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah *overcharge*. Dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Saat voltase di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka *controller* secara otomatis mengisi arus listrik ke baterai agar baterai selalu terisi.

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

1. PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari *on* dan *off* elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*.
2. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil *maximum* daya dari PV. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

Kelebihan MPPT dalam ilustrasi ini: Panel surya / solar cell ukuran 120 Watt, memiliki karakteristik *Maximum Power Voltage* 17.1 Volt, dan *Maximum Power Current* 7.02 Ampere. Dengan *solar charge controller* selain MPPT dan

tegangan baterai 12.4 Volt, berarti daya yang dihasilkan adalah $12.4 \text{ Volt} \times 7.02 \text{ Ampere} = 87.05 \text{ Watt}$. Dengan MPPT, maka Ampere yang bisa diberikan adalah sekitar $120\text{W} : 12.4 \text{ V} = 9.68 \text{ Ampere}$.

Teknologi yang sudah jarang digunakan, tetapi sangat murah, adalah Tipe 1 atau 2 *Stage Control*, dengan relay ataupun transistor. Fungsi relay adalah meng-*short* ataupun men-*disconnect* baterai dari panel surya / solar cell.

(Sumber : <http://panelsuryaindonesia.com/peralatan-panel-surya/35-solar-charge-controller>)

Setelah energi yang dihasilkan dari *solar cell* melalui *Charger Controller* kemudian arus tersebut akan menuju ke baterai dan arus tersebut yang dihasilkan dari energi matahari akan disimpan di baterai.

2.7 Baterai

Baterai adalah obyek kimia penyimpan arus listrik. Dalam sistem *solar cell*, energi listrik dalam baterai digunakan pada malam hari dan hari mendung. Karena intensitas sinar matahari bervariasi sepanjang hari, baterai memberikan energi yang konstan.

Baterai tidak seratus persen *efisien*, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi kimia, selama *charging* dan *discharging*. *Charging* adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, *Discharging* adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. *Satu cycle* adalah *charging* dan *discharging*. Dalam sistem *solar cell*, satu hari dapat merupakan contoh *satu cycle* baterai (sepanjang hari *charging*, malam digunakan/ *discharging*). (Muhammad Irwansyah dan Didi Istriadi, M.Sc.). Pada gambar 2.14 merupakan salah satu jenis baterai.



Gambar 2.14 Baterai

2.7.1 Jenis-jenis Baterai

A. Baterai Asam (*Lead Acid Storage Acid*)

Baterai asam yang bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*sulfuric acid* = H_2SO_4). Didalam baterai asam, elektroda nya terdiri dari plat-plat timah prioksida PbO_2 (*Lead Peroxide*) sebagai anoda (kutub positif) dan timah perioksida PbO_2 (*lead sponge*) sebagai katoda (kutub negative). Ciri-ciri umumnya :

- a. Tegangan nominal per sel 2 volt.
- b. Ukuran baterai per sel lebih besar dibandingkan dengan baterai alkali.
- c. Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
- d. Suhu elektrolit sngat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit semakin rendah berat jenis dan sebaliknya.
- e. Niali jenis bera standar elektrolit tergantung dari pabrik pembuatnya.
- f. Umur baterai tergantung pada operasi pemeliharaan biasanya bias mencapai 10 – 15 tahun.
- g. Tengangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah :
 - Pengisian awal (*Initial Charge*) : 2,7 Volt

- Pengisian *Floating* : 2,18 Volt
- Pengisian *Equalizing* : 2,25 Volt
- Pengisian *Boozting* : 2,37 Volt
- Tegangan pengosonn per sel (*Discharge*) : 2,0 – 1,8 Volt

B. Baterai Basa / Alkali (*Alkalie Storage Battery*)

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali (*Potassium Hydroxide*) yang terdiri dari :

- a. *Nickle iron alkaline battery Ni-Fe Battery.*
- b. *Nickle cadium alkaline battery Ni Cd Battery.*

Pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali *admium* (Ni-Cd). Ciri-ciri umum (tergantung pabrik pembuatan) adalah sebagai berikut :

- a. Tegangan nominal per sel adalah 1,2 volt.
- b. Nilai jenis berat elektrolit tidak sebanding dengan kapasitas baterai.
- c. Umur baterai tergantung pada penggunaan dan perawatan, biasanya dapat mencapai 15 – 20 tahun.
- d. Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah :
 - Pengisian awal (*Initial Charge*): 1,6 – 1,9 Volt
 - Pengisia *Floating* : 1,40 – 1,42 Volt
 - Pengisian *Equalizing* : 1,45 Volt
- e. Tegangan pengosongan (*discharge*) = 1 Volt.

2.7.2 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh batera. Besarnya kapasitas, tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negative yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran, dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energy suatu baterai dinyatakan dalam ampere

jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 Volt artinya secara ideal aru yang dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian.

Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh besar / banyak sedikitnya sel baterai yang ada didalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai juga menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (*discharging*) selama waktu tertentu, dinyatakan dalam Ah (*Ampere – hour*). Berarti sebuah baterai dapat memberikan arus yang kecil untuk waktu yang lama atau arus yang besar untuk waktu yang pendek. Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas dan baterai dinyatakan dalam ampere jam (*Ampere – hour*), muatan inilah yang akan dikeluarkan untuk menyuplai beban ke pelanggan. Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Ah} = \text{Kuat Arus (ampere)} \times \text{waktu (hours)}$$

Dimana : Ah : kapasitas baterai aki
 I : kuat arus (ampere)
 t : waktu (jam/sekon)

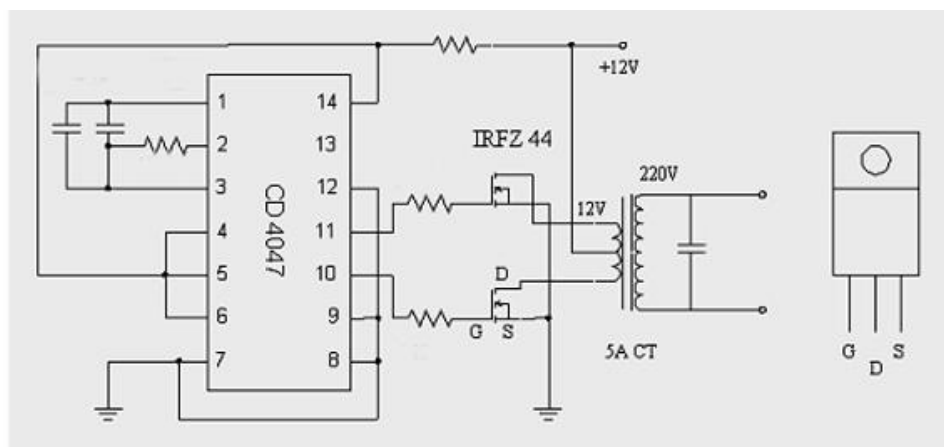
setelah energi disimpan pada baterai, untuk mengubah tegangan DC yang ada pada baterai menjadi tegangan AC maka dibutuhkan inverter sebagai pengubah 12VDC menjadi 220VAC.

2.8 Inverter

Inverter merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dan frekuensinya dapat diatur. Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit converter (yang berfungsi untuk mengubah daya komersial menjadi dc serta menghilangkan ripple yang terjadi pada arus ini) serta sirkuit inverter (yang berfungsi untuk

mengubah arus searah menjadi bolak-balik dengan frekuensi yang dapat diatur-atur). Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol.

Dan juga Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Keluaran suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan masukan inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan multivibrator. (Muhammad Irwansya dan Didi Istardi, M.sc.). Pada gambar 2.15 merupakan rangkaian umum dari inverter.



Gambar 2.15 Rangkaian *Inverter*

2.8.1 Prinsip Dasar Inverter

2.8.1.1 Full-Bridge Converter Theory

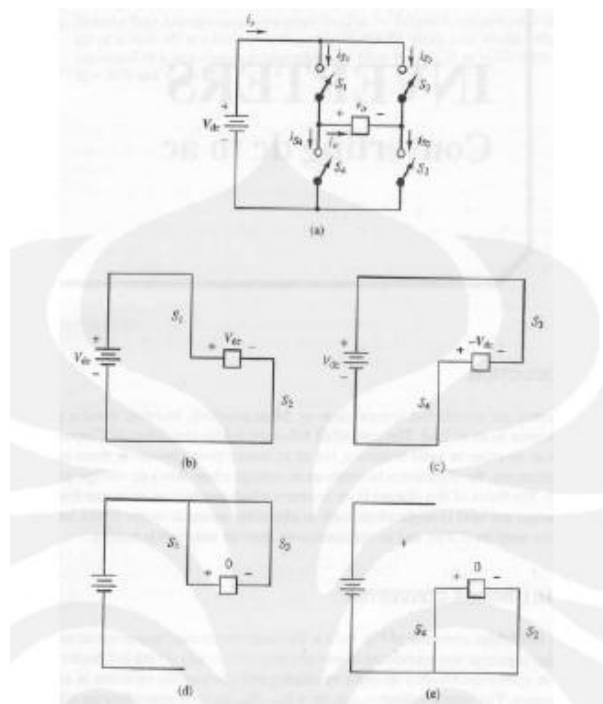
Full bridge converter adalah rangkaian teori dasar yang digunakan untuk mengubah DC ke AC. *Full bridge converter* mempunyai pasangan saklar (S1,S2) dan (S3,S4). Keluaran AC didapatkan dari masukan DC dengan membuka dan menutup saklar-saklar pada urutan yang tepat. Tegangan keluaran V_o bisa berupa $+V_{dc}$, $-V_{dc}$, atau nol, tergantung pada saklar yang mana tertutup.

Rangkaian ekuivalen kombinasi saklar *full bridge converter* diperlihatkan pada Gambar 2.12. Sebagai catatan bahwa S1 dan S4 tidak boleh menutup pada saat yang bersamaan, begitu juga dengan S2 dan S3, yang akan menyebabkan terjadinya *short circuit* pada sumber DC hal ini bisa dilihat ada gambar 2.16. Saklar yang nyata tidak bisa *on* atau *off* secara seketika. Tegangan keluaran dari kondisi pasangan saklar pada rangkaian *full bridge converter* ditampilkan pada table 2.6. (DanieIW.Hart : 2011)

Tabel 2.6. Tegangan keluaran pasangan saklar pada rangkaian *full bridge converter*.

Saklar Tertutup	Tegangan Keluaran (Vo)
S1 dan S2	+VDC
S3 dan S4	-VDC
S1 dan S3	0
S2 dan S4	0

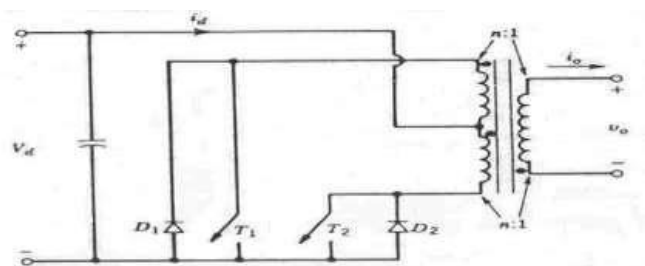
Walaupun waktu transisi *switching* harus diberikan pada kendali saklar, *overlap* pada waktu saklar *on* juga akan mengakibatkan *short circuit*, yang disebut *shoot-through*. Waktu yang diberikan untuk transisi *switching* disebut *blanking time*.



Gambar 2.16 Full Bridge Converter

2.8.1.2 Inverter Push-Pull

Sebuah inverter *push-pull* PWM untuk menghasilkan keluaran sinusoidal, *transformator* harus didesain untuk frekuensi keluaran dasar. Hasilnya dalam sebuah *transformator* yang kekurangan induktansi tinggi, yang prosinya ke bilangan kotak, menyediakan semua dimensi lain yang membuat tetap konstan. Hal ini membuat sulit untuk mengoperasikan sebuah modulasi gelombang sinus inverter *push-pull* PWM. Rangkaiannya bisa dilihat pada gambar 2.17. (Tomi Yanto)



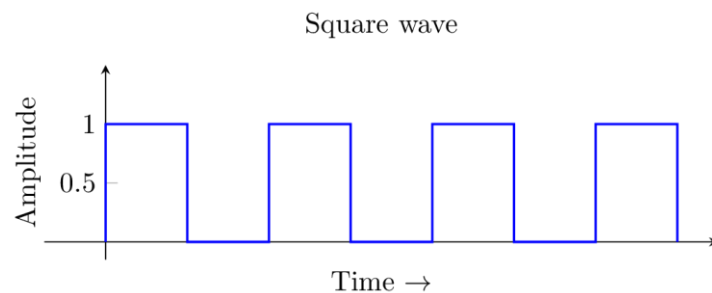
Gambar 2.17 Rangkaian Inverter Push-Pull

2.8.2 Jenis *Inverter* Berdasarkan Gelombang yang Dihasilkan

Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, *inverter* dapat dibagi menjadi tiga macam yakni *square wave*, *modified sine wave* dan *pure sine wave*.

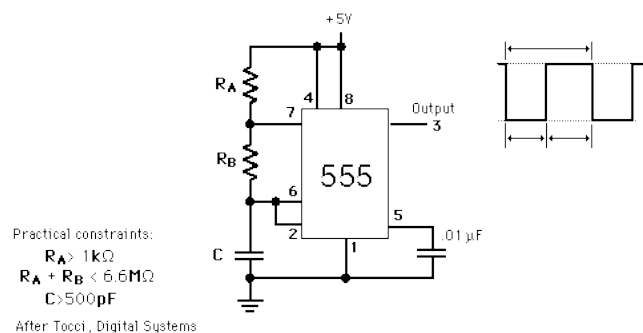
2.8.2.1 *Square Wave*

Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220 VAC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level “total harmonic distortion” yang tinggi. Mungkin karena alasan itu inverter ini disebut “dirty power supply”.



Gambar 2.18 Bentuk Gelombang *Square Wave*

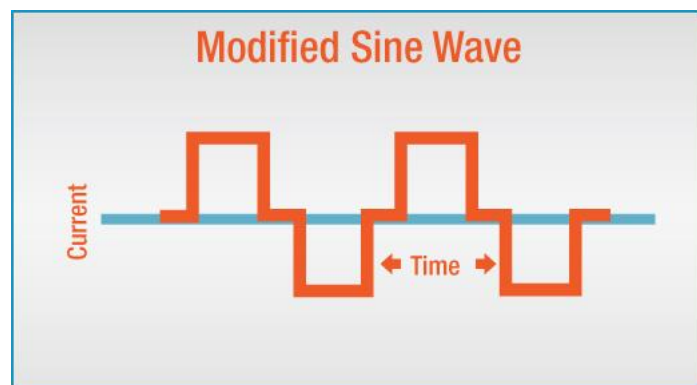
Untuk menghasilkan gelombang kotak pada gambar 2.18 maka dibutuhkan rangkaian pembentuknya, rangkaian pembentuknya bisa dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Rangkaian Gelombang Kotak

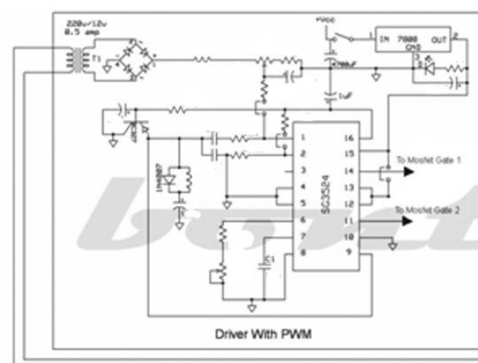
2.8.2.2 Modified Sine Wave

Modified Sine Wave disebut juga ‘*Modified Square Wave*’ atau ‘*Quasy Sine Wave*’ karena gelombang *modified sine wave* hampir sama dengan *square wave*, namun pada *modified sine wave* outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negative bisa dilihat pada gambar 2.20. Selain itu karena *modified sine wave* mempunyai *harmonic distortion* yang lebih sedikit dibanding *square wave* maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti computer, tv, lampu namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitive.



Gambar 2.20 Bentuk Gelombang *Modified Sine Wave*

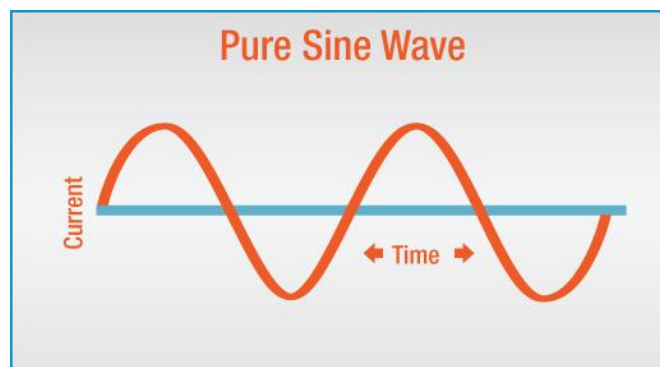
Untuk menghasilkan gelombang sinus modifikasi pada gambar 2.20 maka dibutuhkan rangkaian pembentuknya, rangkaian pembentuknya bisa dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Rangkaian Gelombang sinus modifikasi

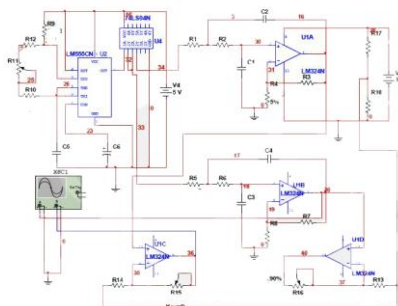
2.8.2.3 Pure Sine Wave

Pure Sine Wave atau *true sine wave* merupakan gelombang *inverter* yang hampir menyerupai (bahkan lebih baik dibandingkan dengan gelombang sinusoida sempurna pada jaringan listrik dalam hal ini PLN. Dengan total *harmonic distortion* (THD) $< 3\%$ sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut ‘*clean power supply*’. Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut *pulse width modulation* (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoidal.



Gambar 2.22 Bentuk Gelombang *Pure Sine Wave*

Untuk menghasilkan gelombang sinus pada gambar 2.22 maka dibutuhkan rangkaian pembentuknya, rangkaian pembentuknya bisa dilihat pada gambar 2.23.

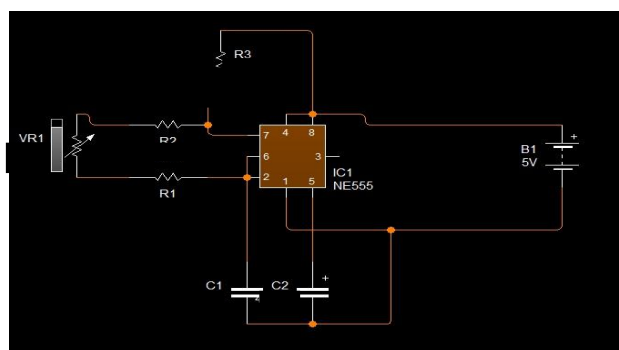


Gambar 2.23 Rangkaian Gelombang Sinus

2.8.3 Rangkaian Pembentuk Inverter

2.8.3.1 Rangkaian Timer Astable

Astable mutivibrator adalah suatu rangkaian yang mengeluarkan tegangan blok atau pulsa. Sebenarnya multivibrator adalah penguat transistor dua tingkat yang dihubungkan dengan kondensator, dimana output dari tingkat yang terakhir dihubungkan dengan penguat pertama, sehingga kedua transistor itu akan saling umpan balik.



Gambar 2.24 Rangkaian Multivibrator Astable

Prinsip kerja rangkaian multivibrator pada gambar 2.24 dapat dijelaskan sebagai berikut. Kapasitor C1 akan diisi melalui R1, R2, R3 dan VR1 sehingga memiliki yang cukup untuk memicu komparator internal untuk menghidupkan rangkaian flip-flop internal dan mengosongkan muatan C1 melalui R1, R2 dan VR1 menuju pin 7. Ketika C1 sudah cukup rendah, komparator internal akan mematikan flip-flop internal sehingga dihasilkan output low pada pin 3. Siklus pengisian dan pelepasan pada C1 akan berulang lagi sehingga dihasilkan gelombang persegi atau squarewave yang periodik.

Untuk menyatakan frekuensi output astable multivibrator dinyatakan sebagai $f = 1/T$. Ini menunjukkan sebagai total waktu yang diperlukan untuk pengisian dan pengosongan kapasitor C. Frekuensi kerja multivibrator astable dengan IC555 dapat dirumuskan secara matematis sebagai berikut :

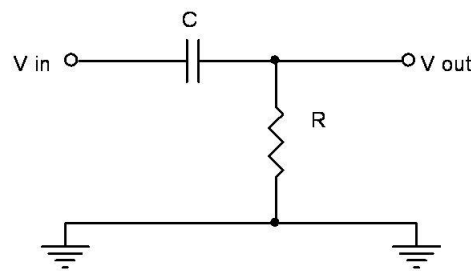
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B)C}$$

2.8.3.2 Rangkaian Filter

Filter adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk menyaring sinyal frekuensi yang masuk kedalam suatu sistem sehingga dihasilkan respon frekuensi yang diinginkan dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Filter sendiri terbagi menjadi 4 jenis, antara lain adalah :

2.8.3.2.1 High Pass Filter

High pass filter adalah suatu rangkaian yang akan melewatkan suatu isyarat yang berada diatas frekuensi *cut-off* (F_c) sampai frekuensi *cut-off* (F_c) rangkaian tersebut dan akan menahan isyarat yang berfrekuensi dibawah frekuensi *cut-off* (F_c) rangkaian tersebut. Rangkaian dari *high pass filter* bisa dilihat pada gambar 2.25.

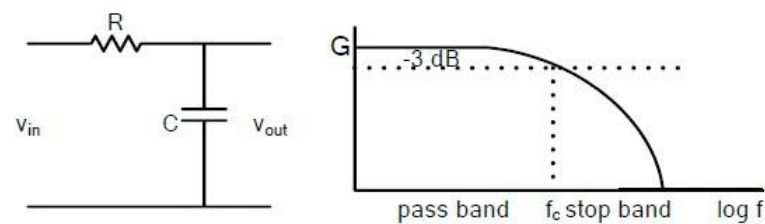


Gambar 2.25 Rangkaian *High Pass Filter*

Prinsip kerja dari *high pass filter* adalah dengan memanfaatkan karakteristik dasar komponen C dan R, dimana kapasitor akan mudah melewatkan sinyal AC yang sesuai dengan nilai reaktansi kapasitifnya dan komponen resistor yang lebih mudah melewatkan sinyal dengan frekuensi rendah. Prinsip kerja utamanya sendiri adalah dengan cara saat sinyal input dengan frekuensi diatas nilai frekuensi *cut-off* (F_c) maka sinyal tersebut akan dilewatkan ke output rangkaian melalui komponen kapasitor. Kemudian pada saat sinyal input yang diberikan rangkaian filter lolos atas atau *high pass filter* memiliki frekuensi dibawah frekuensi *cut-off* (F_c) maka sinyal input tersebut akan dilemahkan melalui komponen resistor.

2.8.3.2.2 Low Pass Filter

Low pass filter adalah sebuah rangkaian filter dimana yang akan dilewatkan adalah sinyal yang memiliki frekuensi dibawah nilai *cut-off*, dan ketika terdapat sinyal yang berada diatas nilai *cut-off* maka sinyal tersebut akan dilemahkan. Rangkaian dari *low pass filter* bisa dilihat pada gambar 2.26.



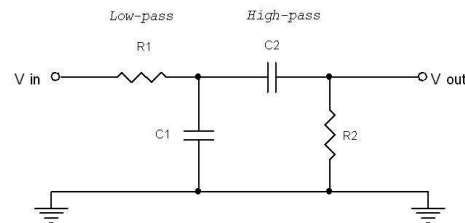
Gambar 2.26 Rangkaian LPF

Pada gambar dan grafik 2.25 dapat dilihat bahwa rangkaian *low pass filter* memiliki kebalikan dari rangkaian *high pass filter*, dimana yang disusun paralel adalah kapasitor sedangkan pada *high pass filter* yang dirangkai paralel adalah resistornya. Dan memiliki prinsip kerja yang berkebalikan juga, jika pada *high pass filter*, yang diloloskan adalah sinyal dengan frekuensi diatas batas *cut-off* (F_c) namun pada *low pass filter* yang diloloskan adalah sinyal dengan frekuensi dibawah batas *cut-off* (F_c).

2.8.3.2.3 Band Pass Filter

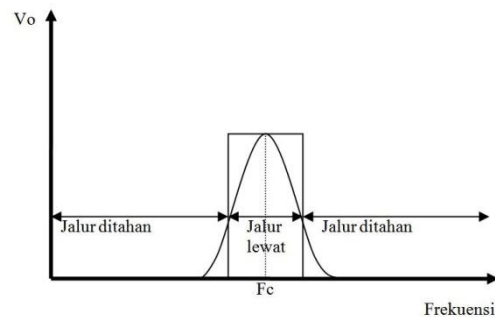
Band pass filter adalah sebuah rangkaian yang dirancang hanya untuk melewatkan isyarat dalam suatu pita frekuensi tertentu dan untuk menahan isyarat diluar jalur pita frekuensi tersebut. Jenis filter ini memiliki tegangan keluaran maksimum pada satu frekuensi tertentu yang disebut dengan frekuensi resonansi (F_r). Jika frekuensinya berubah dari frekuensi resonansi maka tegangan keluarannya turun, ada satu frekuensi di atas frekuensi resonansi (F_r) dan satu dibawah (F_r) dimana gain (penguatannya) tetap $0,707 A_r$. Frekuensi *cut-off* atas diberi tanda (F_h) dan frekuensi *cut-off* bawah diberi tanda (F_l). Pita frekuensi antara F_h dan

Fl adalah bandwidht (B). Rangkaian band pass filter bisa dilihat pada gambar 2.27.



Gambar 2.27 Rangkaian *Band Pass Filter*

Rangkaian *band pass filter* adalah kombinasi antara *low pass filter* dengan *high pass filter* dimana rangkaian *low pass filter* dirangkai terlebih dahulu baru rangkaian itu disusun paralel dengan rangkaian *high pass filter*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.27. Untuk karakteristiknya dapat dilihat pada gambar 2.28.



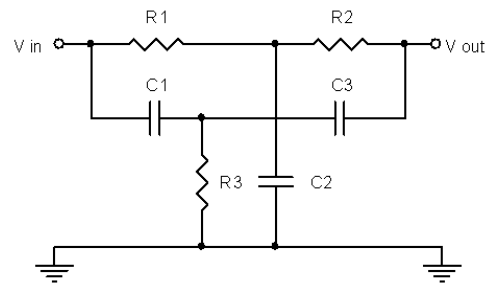
Gambar 2.28 Karakteristik *Band Pass Filter*

Jadi yang dikeluarkan atau dimunculkan hanya sinyal yang berada pada nilai cut-off bawah dan cut-off atas saja.

2.8.3.2.4 *Band Stop Filter*

Band stop filter merupakan sebuah jenis filter yang memiliki karakteristik menahan sinyal dengan frekuensi sesuai frekuensi *cut-off* rangkaian dan akan melewatkan sinyal yang memiliki frekuensi diluar frekuensi *cut-off* rangkaian tersebut baik dibawah atau diatas frekuensi *cut-off* rangkaian ilter. *Band stop filter* merupakan kebalikan dari *band pass filter*. Jadi yang dilewatkan adalah sinyal yang tidak berada pada

rentang *cut-off* atas dan *cut-off* bawah. Pada gambar 2.29 adalah rangkaian dari *band stop filter*.

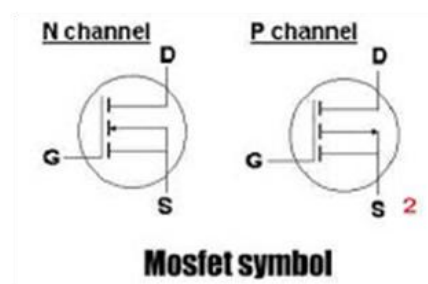


Gambar 2.29 Rangkaian *Band Stop Filter*

Pada *band stop filter* memiliki rangkaian yang sedikit berbeda dari rangkaian *band pass filter* namun masih menggunakan kombinasi dari *high pass filter* dan *low pass filter*. Seperti yang terlihat pada gambar 2.29.

2.8.3.3 Rangkaian Mosfet

Rangkaian mosfet berfungsi sebagai rangkaian pensaklaran dimana dibutuhkan waktu yang cepat untuk merubah dari kondisi off ke kondisi on. Pensaklaran on/off yang besar memicu transformator untuk bekerja untuk membentuk gelombang AC. Pada gambar 2.30 merupakan gambar mosfet.



Gambar 2.30 Mosfet

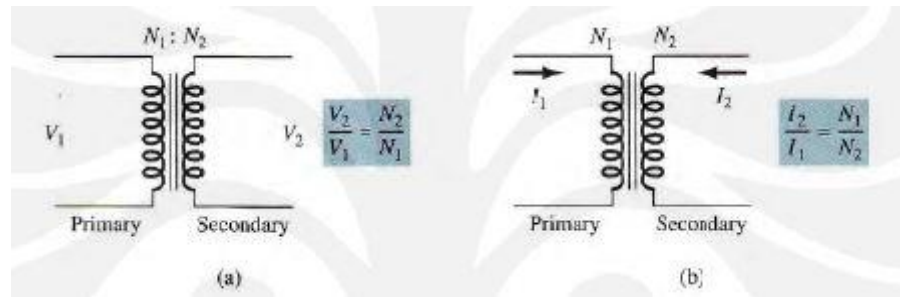
2.8.3.4 Transformator

Transformator (trafo) merupakan sebuah komponen pasif yang berfungsi untuk mengubah nilai tegangan bolak-balik pada kumparan primernya menjadi lebih besar atau lebih kecil pada kumparan sekundernya. Suatu trafo tidak dapat bekerja jika kumparan primernya dihubungkan ke sumber

tegangan DC. Perbandingan tegangan dan arus pada kumparan primer dan sekunder adalah ;

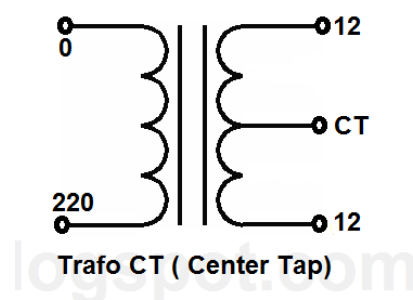
$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Untuk lebih jelas perhatikan pada gambar 2.31 berikut:



Gambar 2.31 Transformasi tegangan (a) dan transformasi arus (b)

Trafo yang paling banyak digunakan saat ini adalah trafo yang memiliki centre-tap (CT) atau titik tengah. CT dapat terletak di sisi primer maupun di sisi sekunder. Besar tegangan di ujung-ujung kumparan terhadap CT adalah sama besar. Untuk lebih jelasnya perhatikanlah gambar 2.31.



Gambar 2.32 Trafo CT

2.9 Hambatan Dalam

Pada dasarnya perbandingan antara tegangan listrik dari suatu komponen elektronik dengan arus listrik yang melewatinya. Hambatan dinyatakan dalam suatu ohm (Ω). Seperti halnya komponen-

komponen listrik yang lain, elemen sendiri mempunyai hambatan dalam, yang dinyatakan dengan r . Bila arus yang mengalir melalui rangkaian serik maka hambatan seluruhnya yang dialami arus adalah $R+r$. Dengan demikian electron bebas cenderung bergerak melewati konduktor dengan beberapa derajat pergesekan atau bergerak berlawanan. Gerak berlawanan ini biasanya disebut dengan hambatan elemen yang mempunyai sumber arus volt dan tahanan dalam (r) ditutup oleh kawat yang mempunyai hambatan luar R , arah menghasilkan kuat arus yang besarnya :



$$I = \frac{E}{R+r}$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

E = Ggl (volt)

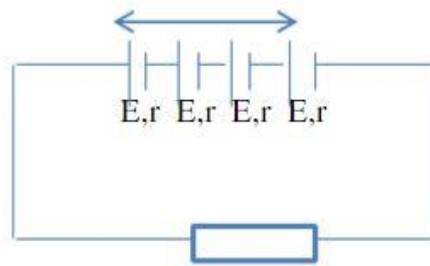
R = Hambatan luar (Ω)

r = Hambatan dalam (Ω)

dalam hambatan dapat dihubungkan dengan susunan seri maupun susunan parallel. Pada hubungan susunan seri dari beberapa buah baterai, bila kutub positif dihubungkan dengan kutub negative, maka besar hambatan dalam rangkaian susunan seri adalah:

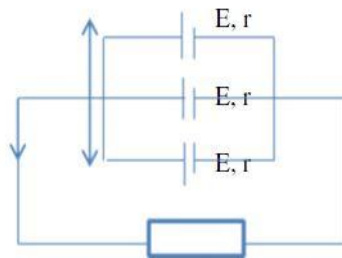
$$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

bila beberapa elemen (n buah elemen) yang masing - masing mempunyai Ggl, E volt disusun secara seri, maka kuat arus yang timbul :



$$I = \frac{n E}{R + n r}$$

bila beberapa elemen (n buah elemen) yang masing-masing mempunyai Ggl, volt dan tahanan dalam r disusun secara parallel, kuat arus yang timbul ;



$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$$

Menurut Hukum Ohm:

Dalam suatu rantai aliran listrik, kuat arus berbanding lurus dengan beda potensial antara kedua ujung-ujungnya dan berbanding terbalik dengan besarnya hambatan kuat konduktor tersebut". Pada hubungan parallel dari beberapa buah baterai bila kutub positif baterai dihubungkan dengan kutub negative baterai besar hambatan parallel:

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Besarnya arus yang mengalir pada baterai yang sama Ggl dan dihubungkan secara parallel

$$I = \frac{E}{R} + \frac{r}{R}$$