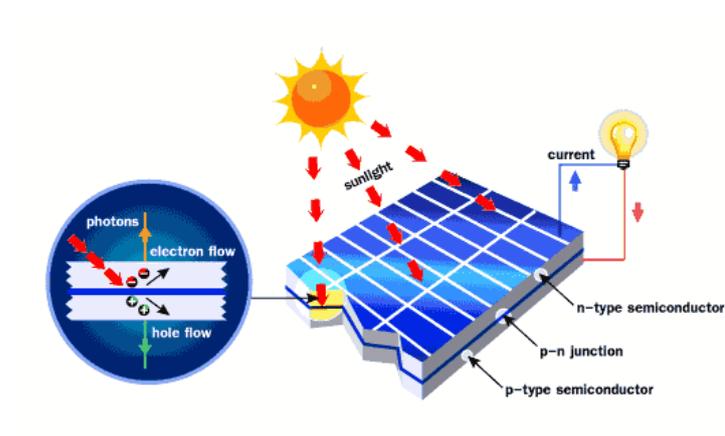


BAB II

TINAJUAN PUSTAKA

2.1 Solar Cell

Solar cell atau panel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya (dapat dilihat pada gambar 2.2) terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *fotovoltaik*. *Solar cell* mulai populer akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan isu *global warming*. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis. *Solar cell* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema *Solar Cell*

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

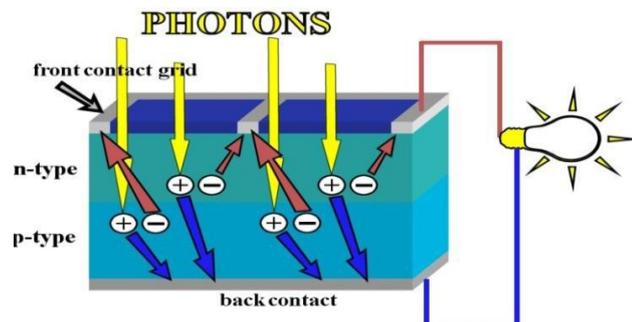


Gambar 2.2 Modul *Solar Cell*

(Sumber : <http://krisnaenergi.com/wp-content/uploads/2014/05/img01170-20121020-10481-300x225.jpg>. Diakses Pada 28 April 2016)

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

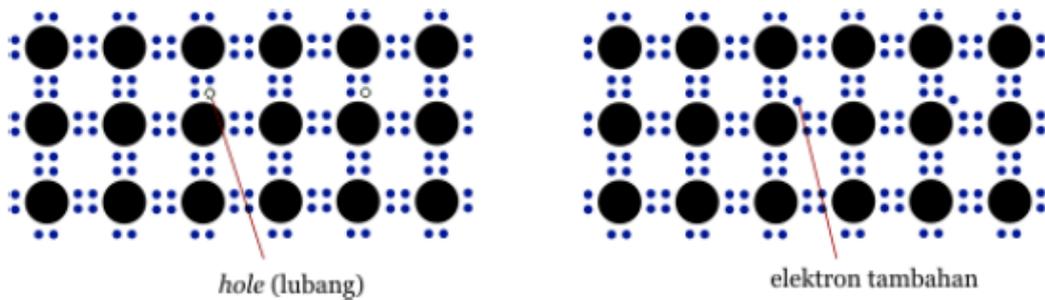
Solar cell merupakan suatu perangkat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam Kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energi. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silikon (Ady Iswanto : 2008). Gambar 2.3 berikut merupakan cara kerja dari *solar cell*.



Gambar 2.3 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

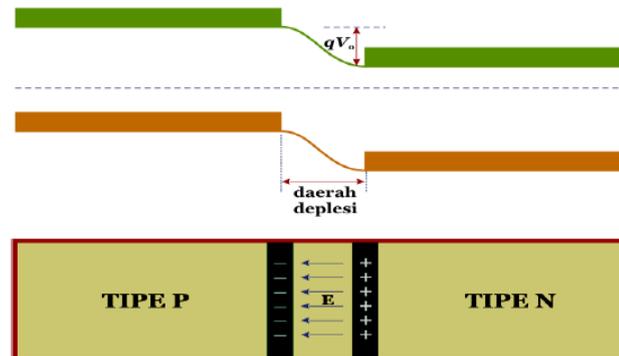


Gambar 2.4 Semikonduktor Tipe-P (Kiri) dan Tipe-N (Kanan)

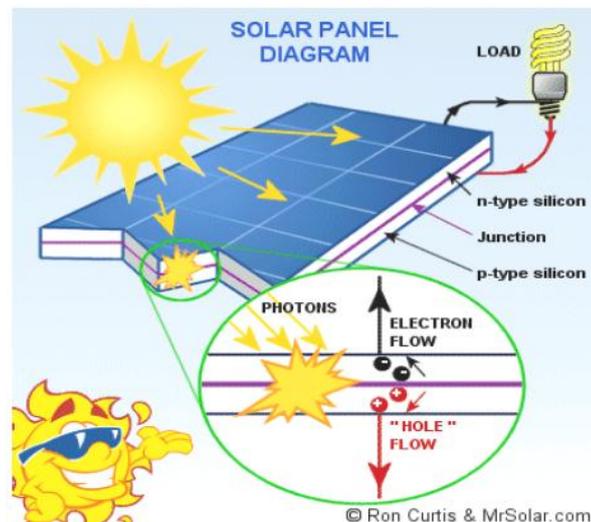
(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/149/jtptunimus-gdl-efendiabdu-7401-3-babii.pdf>. Diakses pada 28 April 2016)

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. Hal yang sebaliknya terjadi jika Kristal silikon ditambahkan oleh insur 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. 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 2.5 Diagram Energi Sambunga P-N Munculnya Daerah Deplesi
(Sumber : Ady Iswanto, Staf Divisi Riset 102FM ITB, 2008)



Gambar 2.6 Struktur *Solar Cell* Silikon P-N Junction
(Sumber : <http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/149/jtptunimus-gdl-efendiabdu-7401-3-babii.pdf>. Diakses pada 28 April 2016)

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n (dapat dilihat pada gambar 2.5) disambungkan maka akan terjadi difusi *hole* dari tipe-p menuju tipe-n dan difusi elektron 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, 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.

Pada gambar 2.6, ketika *junction* disinari, *photon* yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi 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 elektron-hole. 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*.

2.2 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)

2.2.1 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 2560	16	54	16	14
2	BT (Bluetooth)	ATmega 328	16	14	6	4
3	Diecimila	ATmega 168	16	14	6	6
4	Due	AT91SAM	84	54	12	12
5	Duemilano va	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)

Pada bahasan ini penulis menggunakan Arduino Uno karena pin I/O yang digunakan tidak terlalu banyak dan sesuai kebutuhan. Gambar 2.8 dibawah ini merupakan bentuk fisik dari Arduino Uno.



Gambar 2.8 Bentuk Fisik Arduino Uno

(Sumber : <http://modul.mercubuana.ac.id>. Diakses Pada 9 Mei 2016)

Mikrokontroler ada pada perangkat elektronik di sekeliling kita. Misalnya *Handphone*, *MP3 player*, *DVD*, televisi, *AC*, dll. Mikrokontroler juga dipakai untuk keperluan mengendalikan robot. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroler, maka Arduino pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai dengan kebutuhan. Adapun data teknis *board* Arduino UNO sebagai berikut :

- Mikrokontroler : Arduino UNO
- Tegangan Operasi : 5 V
- Tegangan Input (*recommended*) : 7 - 12 V
- Tegangan Input (*limit*) : 6 - 20 V

- Pin digital I/O : 14 (6 diantaranya pin PWM)
- Pin analog input : 6
- Arus DC per pin I/O : 40 mA
- Arus DC untuk pin 3.3 V : 150 mA
- *Flash Memory* : 32 KB dengan 0.5 KB digunakan untuk *bootloader*
- SRAM : 2 KB
- EEPROM : 1 KB
- Kecepatan Pewaktu : 16 MHz

2.2.1.1 Soket USB

Soket USB berfungsi untuk mengirimkan program dari computer ke Arduino dan juga sebagai port komunikasi serial.

2.2.1.2 Input / Output Digital

Input/output digital atau digital pin adalah pin-pin untuk menghubungkan Arduino dengan komponen atau rangkaian digital.

2.2.1.3 Input Analog

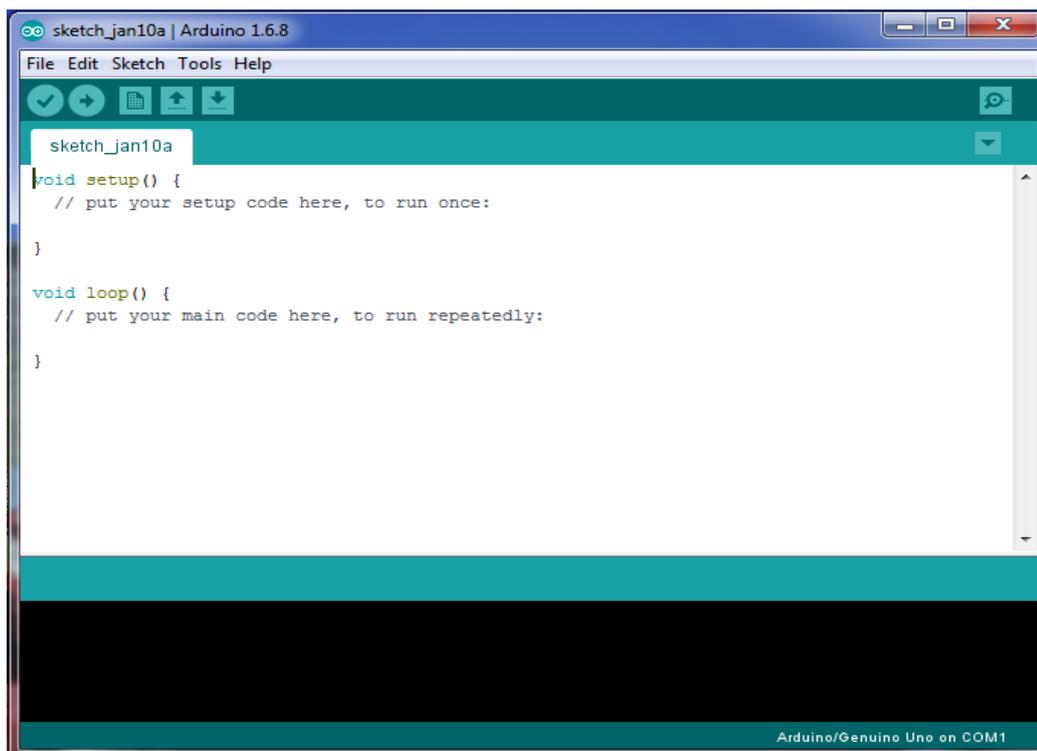
Input Analog atau analog pin adalah pin-pin yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian *analog*. Misalnya dari potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dsb.

2.2.2 Software Arduino

Arduino diciptakan untuk pemula bahkan yang tidak memiliki *basic* bahasa pemrograman sama sekali, karena pemrograman Arduino menggunakan bahasa C Arduino yang telah dipermudah melalui *library* (arduino.cc)

Arduino menggunakan *software processing* yang digunakan untuk menulis program kedalam Arduino. *Processing* Arduino ini dapat di-*instal* di berbagai *operating system* (OS) seperti : LINUX, Mac OS, dan Windows. *Software (Integrated Development Environment)* IDE Arduino terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. *Editor* program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. *Lisitng* program pada Arduino disebut *Sketch*.
2. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
3. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner kedalam memori mikrokontroler.



Gambar 2.9 Software Arduino
(Sumber : arduino.cc. Diakses pada 9 Mei 2016)

Gambar 2.9 diatas merupakan tampilan dari software Arduino IDE. Struktur perintah Arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak Arduino dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama Arduino dinyalakan.

Arduino merupakan media pendukung dalam memprogram rangkaian dari komponen yang digunakan dalam sistem *tracker* ini yaitu RTC DS3231 yang digunakan sebagai pewaktu, Motor *Power Window* sebagai *output* untuk

menggerakkan *solar cell* agar mendapatkan cahaya matahari secara optimal, serta LCD sebagai *output* untuk menampilkan data.

2.3 Real Time Clock (RTC)

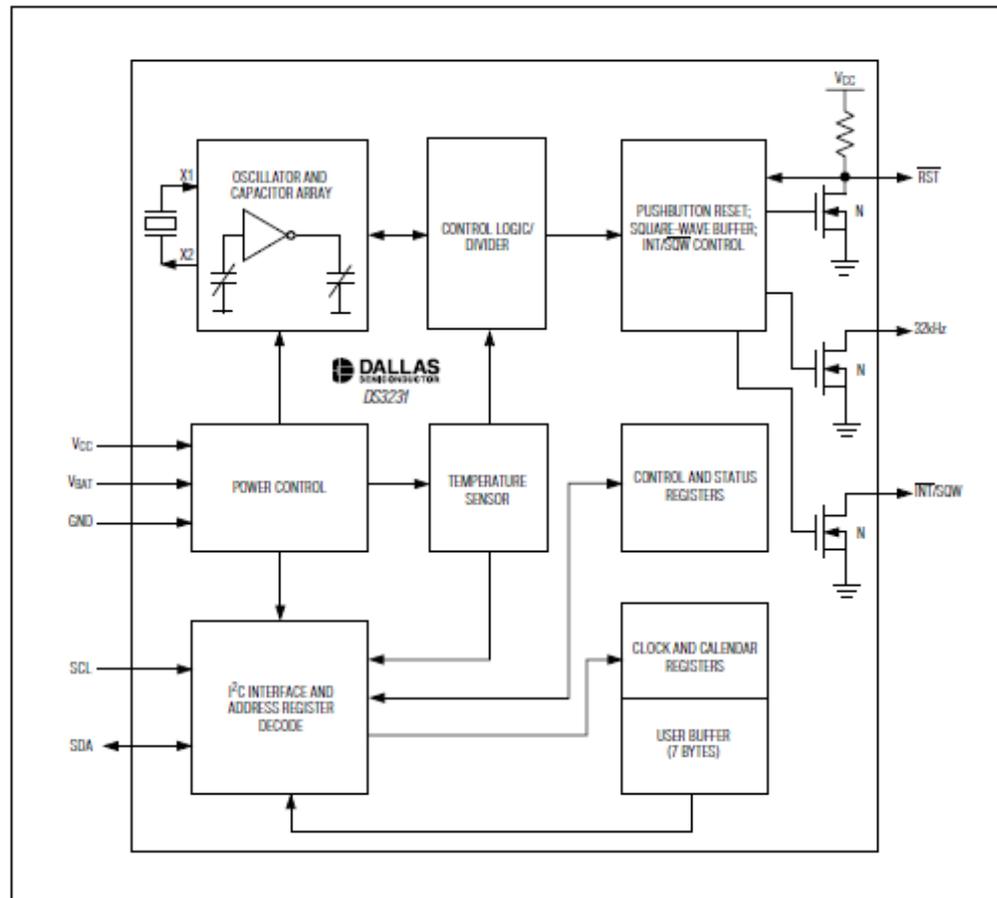
RTC adalah jenis pewaktu yang bekerja berdasarkan waktu yang sebenarnya atau dengan kata lain berdasarkan waktu yang ada pada jam. Agar dapat berfungsi, pewaktu ini membutuhkan dua parameter utama yang harus ditentukan, yaitu pada saat mulai (*start*) dan pada saat berhenti (*stop*). RTC pada umumnya berupa sirkuit terpadu yang berfungsi sebagai pemelihara waktu. RTC memiliki catu daya terpisah sehingga dapat tetap berfungsi ketika catu daya utama terputus. *Real Time Clock* berhubungan dengan waktu mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal bulan dan tahun.

RTC yang digunakan adalah RTC DS3231. DS3231 adalah RTC (*real time clock*) dengan kompensasi suhu Kristal osilator yang terintegrasi (TCX0). TCX0 menyediakan sebuah *clock* referensi yang stabil dan akurat, dan memelihara akurasi RTC sekitar ± 2 menit pertahun. Keluaran frekuensi tersedia pada pin 32kHz. DS3231 menyediakan waktu dan kalender dengan dua waktu alarm dalam satu hari dan keluaran gelombang persegi yang dapat diprogram. Waktu / kalender memberikan informasi tentang detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun yang terdapat pada register internal. Register internal ini dapat diakses menggunakan bus antarmuka I²C.

Inter Integrated Circuit atau sering disebut I²C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang di desain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I²C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I²C dengan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan sistem I²C Bus dapat dioperasikan sebagai *Master* dan *Slave*. *Master* adalah piranti yang memulai transfer data pada I²C Bus dengan membentuk sinyal *Start*, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal *Stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati master.

DS3231

Block Diagram



Gambar 2.10 Blok Diagram DS3231
(Sumber : lib.ui.ac.id. Diakses Pada 10 Mei 2016)

Blok diagram pada gambar 2.10 diatas memperlihatkan elemen-elemen utama DS3231. Delapan blok dapat dikelompokkan kedalam empat fungsi grup yaitu TCX0, power control, fungsi *pushbutton* dan RTC.

Sensor suhu, osilator dan *logic control* membentuk TXC0. *Controller* membaca keluaran dari *on-chip* sensor suhu dan menggunakan sebuah *look-up table* untuk menentukan kapasitans yang dibutuhkan, menambahkan koreksi pada register AGE, dan kemudian menset register kapasitansi. Fungsi power control diperoleh dari kompensasi suhu tegangan referensi dan rangkaian komparator yang memonitor level V_{cc} . Ketika V_{cc} lebih besar dari V_{PF} tetapi lebih besar dari V_{BAT} , maka DS3231 diberi power oleh V_{cc} , seperti terlihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Table 2.2 Alternatif Penggunaan Tegangan Pada DS3231

KONDISI SUPLAY TEGANGAN	TEGANGAN YANG DIGUNAKAN
$VCC < VPF, VCC < VBAT$	VBAT
$VCC < VPF, VCC > VBAT$	VCC
$VCC > VPF, VCC < VBAT$	VCC
$VCC > VPF, VCC > VBAT$	VCC

Untuk membuat baterai awet, osilator tidak akan mulai sehingga Vcc dipasang atau sampai alamat I²C yang valid dituliskan pada DS3231. Sekitar 2 detik setelah Vcc di pasang atau alamat I²C ditulis, DS3231 membuat pengukuran suhu dan menggunakan perhitungan koreksi terhadap osilator. Sekali osilator jalan, maka osilator ini akan jalan terus selama terdapat sumber tegangan valid (Vcc atau V_{BAT}). DS3231 menyediakan sebuah *pushbutton switch* untuk dihubungkan pada pin. Ketika DS3231 tidak dalam siklus *reset*, DS3231 memonitor sinyal terus menerus. Jika sebuah transisi terdeteksi, DS3231 *debounce switching* dengan membuat rendah. Setelah *internal timer* kadaluarsa (PBDB), DS3231 kembali memonitor pin. Dengan sumber *clock* dari TCX0, RTC mempunyai informasi detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Tanggal pada akhir bulan secara otomatis dirubah untuk bulan yang lebih kecil dari 31 hari termasuk koreksi untuk tahun kabisat. Waktu beroperasi format 24 jam atau 12 jam dengan indicator AM/PM.

Tabel 2.3 Peta Alamat Register DS3231

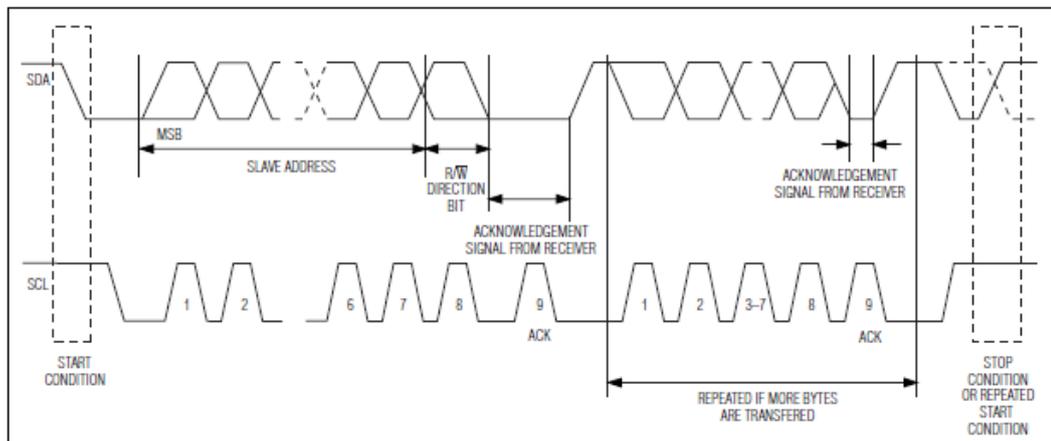
ADDRESS	BIT 7 MSB	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0 LSB	FUNCTION	RANGE
00H	0	10 Seconds			Seconds				Seconds	00-59
01H	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00-59
02H	0	12/24	AM/PM 10 Hour	10 Hour	Hour				Hours	1-12 + AM/PM 00-23
03H	0	0	0	0	0	Day			Day	1-7
04H	0	0	10 Date		Date				Date	00-31
05H	Century	0	0	10 Month	Month				Month/ Century	01-12 + Century
06H	10 Year				Year				Year	00-99
07H	A1M1	10 Seconds			Seconds				Alarm 1 Seconds	00-59
08H	A1M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 1 Minutes	00-59
09H	A1M3	12/24	AM/PM 10 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 1 Hours	1-12 + AM/PM 00-23
0AH	A1M4	DY/DT	10 Date		Day				Alarm 1 Day	1-7
					Date				Alarm 1 Date	1-31
0BH	A2M2	10 Minutes			Minutes				Alarm 2 Minutes	00-59
0CH	A2M3	12/24	AM/PM 10 Hour	10 Hour	Hour				Alarm 2 Hours	1-12 + AM/PM 00-23
					Day				Alarm 2 Day	1-7
0DH	A2M4	DY/DT	10 Date		Date				Alarm 2 Date	1-31
					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	—

Note: Unless otherwise specified, the registers' state is not defined when power is first applied.

Tabel 2.3 diatas memperlihatkan peta alamat DS3231. Informasi waktu dan kalender diperoleh dengan membaca *byte* register yang isinya dalam format BCD (*bonary code decimal*). Waktu dan kalender diset atau diinisialisasi dengan menuliskan datanya dalam format BCD pada register. DS3231 dapat aktif dalam mode 12 jam atau 24 jam dengan memilih bit *select*. Ketika bit *elect* tinggi, maka mode 12 jam yang dipilih dan bit 5, AM/PM bit akan menjadi tinggi jika PM atau rendah jika AM. Dan 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 menulis waktu dan tanggal pada register, *buffer* keuda digunakan untuk menjaga kesalahan ketika internal register diupdate.

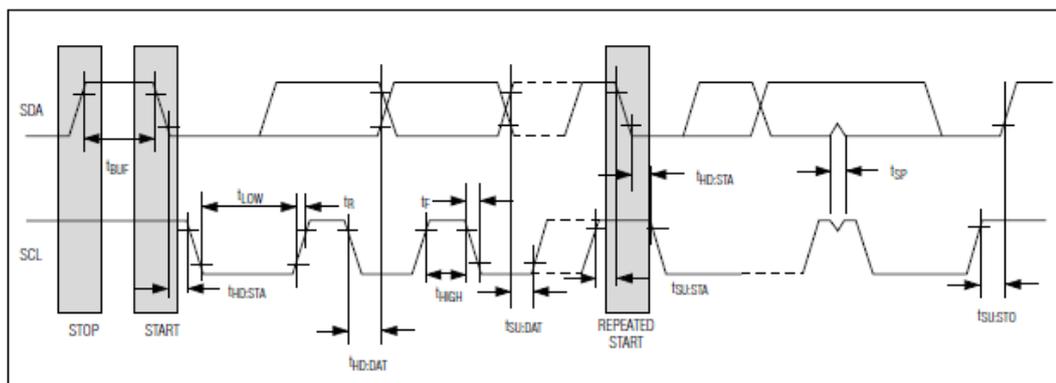
DS3231 mendukung bus *bidirectional* I²C dan *protocol* transmisi data. Perangkat yang mengirim data ke bus didefinisikan sebagai *transmitter* sedangkan perangkat yang menerima data disebut sebagai *receiver*. Perangkat yang mengontrol informasi disebut sebagai *master* sedangkan perangkat yang dikontrol oleh master disebut sebagai *slave*. Bus harus dikendalikan oleh perangkat master

yang membangkitkan *serial clock* (SCL), mengontrol akses bus, membangkitkan kondisi *START* dan *STOP*. Pada bus I2C, DS3231 beroperasi sebagai *slave*. Diagram pewaktu transfer data pada bus I2C seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.11 dibawah ini.

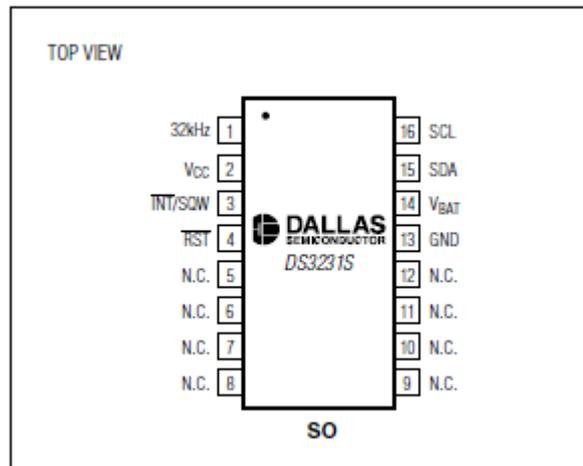


Gambar 2.11 Diagram Pewaktu I2C
(Sumber : lib.ui.ac.id. Diakses Pada 10 Mei 2016)

Dalam komunikasi serial I2C setiap satu bit data yang dikirimkan akan selalu disertai satu pulsa *clock*. Setiap pengiriman satu *byte* data secara umum memiliki format *frame* seperti terlihat pada gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12 Format *Frame* Pengiriman Satu *Byte* Data
(Sumber : lib.ui.ac.id. Diakses Pada 10 Mei 2016)



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin RTC DS3231
(Sumber : www.alldatasheet.com. Diakses Pada 10 Mei 2016)

Pada gambar 2.12 diatas merupakan konfigurasi piin dar DS3231 dengan fungsi masing-masing pin sebagai berikut.

Tabel 2.4 Deskripsi Pin DS3231

PIN	NAME	FUNCTION
1	32kHz	32kHz Output. This open-drain pin requires an external pullup resistor. It may be left open if not used.
2	V _{CC}	DC Power Pin for Primary Power Supply. This pin should be decoupled using a 0.1µF to 1.0µF capacitor. If not used, connect to ground.
3	INT/SQW	Active-Low Interrupt or Square-Wave Output. This open-drain pin requires an external pullup resistor. It may be left open if not used. This multifunction pin is determined by the state of the INTCN bit in the Control Register (0Eh). When INTCN is set to logic 0, this pin outputs a square wave and its frequency is determined by RS2 and RS1 bits. When INTCN is set to logic 1, then a match between the timekeeping registers and either of the alarm registers activates the INT/SQW pin (if the alarm is enabled). Because the INTCN bit is set to logic 1 when power is first applied, the pin defaults to an interrupt output with alarms disabled.
4	RST	Active-Low Reset. This pin is an open-drain input/output. It indicates the status of V _{CC} relative to the V _{PF} specification. As V _{CC} falls below V _{PF} , the RST pin is driven low. When V _{CC} exceeds V _{PF} , for t _{RST} , the RST pin is driven high impedance. The active-low, open-drain output is combined with a debounced pushbutton input function. This pin can be activated by a pushbutton reset request. It has an internal 50kΩ nominal value pullup resistor to V _{CC} . No external pullup resistors should be connected. If the crystal oscillator is disabled, the startup time of the oscillator is added to the t _{RST} delay.
5-12	N.C.	No Connection. Must be connected to ground.
13	GND	Ground
14	V _{BAT}	Backup Power-Supply Input. This pin should be decoupled using a 0.1µF to 1.0µF low-leakage capacitor. If the I ² C interface is inactive whenever the device is powered by the V _{BAT} input, the decoupling capacitor is not required. If V _{BAT} is not used, connect to ground. UL recognized to ensure against reverse charging when used with a lithium battery. Go to www.maxim-ic.com/qa/info/ul .
15	SDA	Serial Data Input/Output. This pin is the data input/output for the I ² C serial interface. This open-drain pin requires an external pullup resistor.
16	SCL	Serial Clock Input. This pin is the clock input for the I ² C serial interface and is used to synchronize data movement on the serial interface.

2.4 Motor DC 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 kecepatan 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 motor DC. Yang termasuk rotor yaitu lilitan kangkar, jangkar, komutator, tali, isolator, poros, bantalan dan kipas. Berikut ini gambar 2.13 dan 2.14 dibawah ini merupakan motor DC *power window* dan konstruksi dari motor DC *power window*.

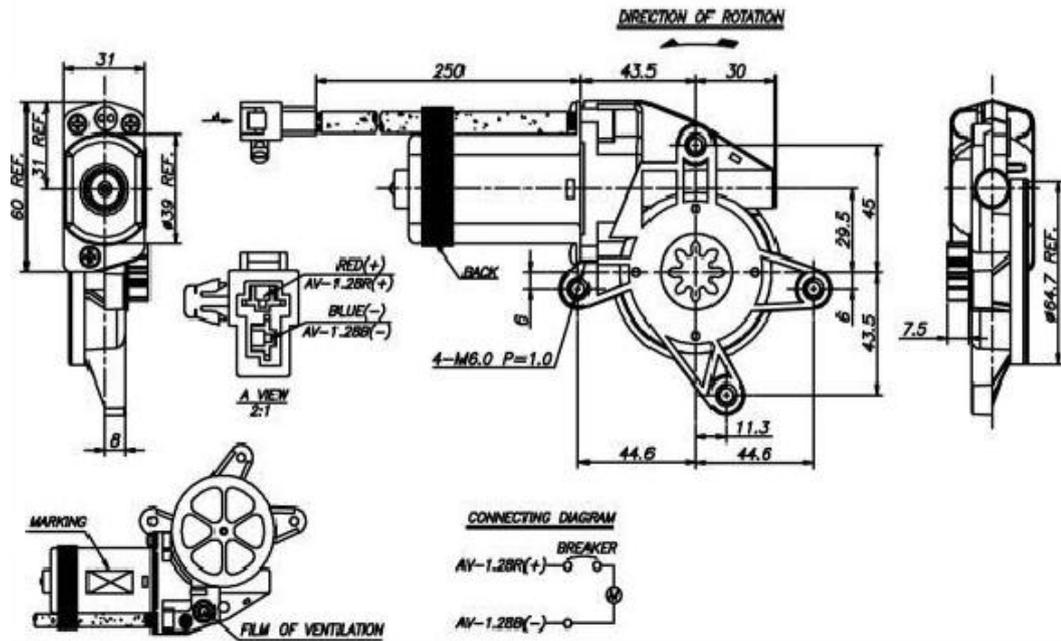


Gambar 2.13 Motor *Power Window*

(Sumber: <https://www.tetrixrobotics.com>. Diakses Pada 13 Mei 2015)

Tabel 2.5 Karakteristik Motor DC Power Window

Voltage Rating (V)	No Load		Load Rating			Locked Torque	Locked Current
	Speed (r.p.m)	Current (A)	Torque (Kgf.cm)	Speed (r.p.m)	Current (A)	(Kgf.cm)	(A)
12	85 ± 25	≤ 3	30	70 ± 20	≤ 7	85 ± 25	≤ 20



Gambar 2.14 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)

Motor DC biasanya digunakan dalam rangkaian yang memerlukan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan, pada torsi yang konstan. 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. Alasan penggunaan motor *power window* karena banyak 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

2.5 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD adalah modul penampil yang banyak digunakan karena tampilannya menarik. LCD yang paling banyak digunakan saat ini adalah LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler khusus untuk mengendalikan LCD. Chip HD44780 buatan *Hitachi* yang berfungsi sebagai pengendalian LCD memiliki CGROM (*Character Generator Read Only Memory*), CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*), DDRAM (*Display Data Random Access Memory*). Modul LCD M1632 adalah salah satu perangkat peraga yang banyak digunakan.

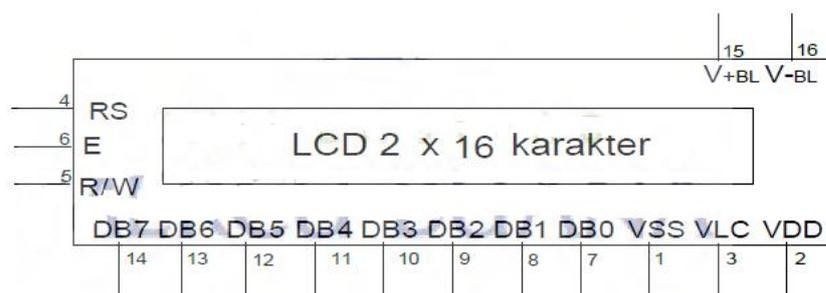
Penggunaan perangkat LCD sebagai peraga pada alat ini karena LCD banyak memiliki kelebihan :

- Pemakaian arusnya kecil.
- Dapat menampilkan symbol ASCII maupun symbol yang dibuat sendiri.

- Pengendaliannya sangat mudah karena sudah dilengkapi dengan unit pengendalian di dalam.
- Mudah dirangkaikan ke sistem mikrokomputer.

Perbedaan dengan LCD standar adalah pada kaki 1 Vcc, dan kaki 2 *ground*, ini kebalikan dengan LCD standar. Anda dapat menghubungkan pin data ke Port A.

Driver LCD seperti HD44780 memiliki dua register yang aksesnya diatur menggunakan pin RS. Pada saat Rs berlogika 0, register yang akses ialah perintah, sedangkan pada saat Rs berlogika 1, register yang diakses ialah register data. Gambar 2.15 dibawah ini merupakan pin dari LCD M1632.



Gambar 2.15 Modul Karakteristik LCD 2x16
(Sumber : <http://digilib.mercubuana.ac.id>. Diakses Pada 05 Juni 2016)

Karakteristik yang ada pada LCD antara lain :

- Mempunyai 16 karakter dengan 2 baris tampilan yang terbentuk dari matrik titik (dot matrix).
- *Duty ratio* : 1/16.
- ROM pembangkit karakter untuk 192 jenis karakter dengan bentuk karakter huruf : 5 x 7 matrix titik.
- Mempunyai 8 tipe RAM pembangkit karakter.
- RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikrokontroler.
- Dilengkapi dengan beberapa perintah yaitu penghapusan tampilan, posisi awal kursor, tampilan karakter kedip (*display clear*), posisi awal kursor

(*cursor home*), tampilan karakter kedip (*display character blink*), dan penggeseran tampilan (*display shift*).

- Rangkaian pembangkit detak (*clock internal*).
- Catu daya tunggal + 5V.
- Rangkaian otomatis reset saat daya dihidupkan.
- Pemrosesan dengan CMOS.
- Jangkauan suhu 0° C sampai 50° C.

Berikut table 32.6 dibawah ini merupakan fungsi dari pin-pin pada LCD.

Tabel 2.6 Pin dan Fungsi LCD 2x16

No	Nama	Level	Fungsi
1	Vss	0 V	<i>Ground</i>
2	Vdd	5 V	<i>Supply Voltage for Logic</i>
3	V0	(Variable)	<i>Operating Voltage for LCD</i>
4	RS	H/L	H: Data, L: Kode Instruksi
5	R/W	H/L	H: <i>Read</i> (MPU->Modul), L: <i>Write</i> (MPU->Modul)
6	E	H,H/L	<i>Chip Enable Signal</i>
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	LED +	-	<i>Anode of Led Backlight</i>
16	LED -	-	<i>Cathode of Led Backlight</i>

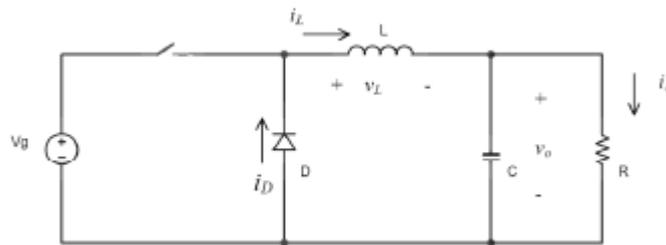
2.6 DC-DC Converter

DC to DC Converter adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah suatu tegangan searah ke tegangan searah lainnya dengan nilai yang dapat ditinggikan atau diturunkan. Pada rancangan ini sebuah converter digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber tegangan DC ke DC yang didapatkan dari panel surya kemudian pada aki. Secara umum ada tiga fungsi pengoperasian dari DC to DC konverter yaitu penaikan tegangan (*boost*) dimana tegangan keluaran yang dihasilkan lebih tinggi dari tegangan masukan, penurunan tegangan (*buck*) dimana tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan dan penaikan atau penurunan tegangan (*buck-boost*) dimana tegangan keluaran lebih rendah atau lebih tinggi dari tegangan masukan.

DC to DC konverter merupakan rangkaian elektronika daya (*power electronic*) untuk mengubah suatu tegangan DC masukan menjadi tegangan DC keluaran yang lebih besar atau lebih kecil. Pada tugas akhir ini, rangkaian DC to DC konverter yang akan dirancang merupakan *switched* mode DC to DC konverter. Tegangan DC masukan dari proses DC to DC konverter tersebut berasal dari sumber tegangan DC yang dihasilkan oleh sel surya (*solar cell*).

2.6.1 Buck Converter

Buck converter merupakan salah satu jenis dari DC-DC converter. Rangkaian elektronika daya ini dapat mengubah tegangan DC pada nilai tertentu menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih rendah daripada masukannya, *Buck converter* menggunakan komponen *switching* untuk mengatur *duty cycle*-nya. Komponen *switching* tersebut dapat berupa thyristor, MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*), IGBT, dan lainnya. Topologi *Buck Converter* dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2.16 Topologi Buck Converter

Secara umum, komponen-komponen yang menyusun DC *Chopper* Tipe Buck (*Buck Converter*) adalah sumber masukan DC, MOSFET, Dioda, Induktor, Kapasitor, Rangkaian Kontrol (*Drive Circuit*), serta Beban (R). MOSFET digunakan untuk mencacah arus sesuai dengan duty cycle sehingga keluaran DC *Chopper* dapat sesuai dengan yang diinginkan. Rangkaian Kontrol digunakan untuk mengendalikan MOSFET, sehingga MOSFET mengetahui kapan dia harus membuka dan kapan harus menutup. Induktor digunakan untuk menyimpan energi dalam bentuk arus. Energi tersebut disimpan ketika MOSFET *on* dan dilepas ketika MOSFET *off*. Dioda digunakan untuk mengalirkan arus yang dihasilkan induktor ketika MOSFET *off*.

Untuk menghasilkan tegangan keluaran yang konstan, DC *Chopper* Tipe Buck dapat ditambah dengan rangkaian *feedback* (umpan balik). Pada rangkaian *feedback* ini, tegangan keluaran dari DC *Chopper* akan dibandingkan dengan tegangan referensi, selisih keduanya akan digunakan untuk menentukan *duty cycle* yang perlu ditambah atau dikurang sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang konstan.

Energi yang dihasilkan *solar cell* yang melalui dari *Converter* akan dilanjutkan atau mengalir menuju *Charger Controller*.

2.7 *Charger Controller*

Charger Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charger controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere

sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Charger controller menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Beberapa fungsi detail dari *charger controller* adalah sebagai berikut:

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

Untuk membeli *charger controller* yang harus diperhatikan adalah:

1. *Voltage* 12 Volt DC / 24 Volt DC
2. Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
3. *Full Charge* dan *Low Voltage Cut*

Charger controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui *monitor level* tegangan baterai. *Charger controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan *drop*, maka baterai akan diisi kembali.

Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya / *solar cell*, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (*load*).

2.7.1 Teknologi Solar Charge Controller

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 (*Maximun Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil *maximun* 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 *Maximun Power Voltage* 17.1 Volt, dan *Maximun Power Current* 7.02 Ampere. Dengan *solar charge controller* selain MPPT dan tegangan baterai 12.4 Volt, berarti daya yang dihasilkan adalah 12.4 Volt x 7.02 Ampere = 87.05 Watt. Dengan MPPT, maka Ampere yang bisa diberikan adalah sekitar $120W : 12.4 V = 9.68$ 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. Gambar 2.17 dibawah ini merupakan modul dari *charger controller*.



Gambar 2.17 *Charger Controller*

(Sumber: <http://www.panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>. Diakses pada 28 April 2016)

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

2.8 Baterai / Aki / Accumulator

Baterai/Aki adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversikan menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau *Accumulator* adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia *reversible* adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali. Kelebihan dari pada baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan waktu yang panjang.

2.8.1 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-elektrodanya terdiri dari plat-plat timah prioksida PbO_2 (*Lead Peroxide*) sebagai anoda (kutub positif) dan timah prioksida PbO_2 (*lead sponge*) sebagai katoda (kutub negative). Ciri-ciri umumnya :

1. Tegangan nominal per sel 2 volt.
2. Ukuran baterai per sel lebih besar dibandingkan dengan baterai alkali.
3. Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
4. Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit semakin rendah berat jenis dan sebaliknya.

5. Nilai jenis berat standar elektrolit tergantung dari pabrik pembuatnya.
6. Umur baterai tergantung pada operasi pemeliharaan biasanya bisa mencapai 10 – 15 tahun.
7. Tegangan 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 pengosong 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 :

1. *Nickle iron alkaline battery Ni-Fe Battery.*
2. *Nickle cadmium 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 :

1. Tegangan nominal per sel adalah 1,2 volt.
2. Nilai jenis berat elektrolit tidak sebanding dengan kapasitas baterai.
3. Umur baterai tergantung pada penggunaan dan perawatan, biasanya dapat mencapai 15 – 20 tahun.
4. 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
 - Pengisian *Floating* : 1,40 – 1,42 Volt
 - Pengisian *Equalizing* : 1,45 Volt
5. Tegangan pengosongan (*discharge*) = 1 Volt.

2.8.2 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 hour* (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 (*discharcing*) selama waktu tertentu, dinyatakan dalam *Ampere hour* (Ah). 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 hour* (Ah), muatan inilah yang akan dikeluarkan untuk menyuplai beban ke pelanggan. Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini :

$$Ah = i \times t \dots\dots\dots(2.1)$$

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

2.9 Inverter

Inverter merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik. *Inverter* sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit *converter* yang berfungsi untuk mengubah daya komersial menjadi DC serta menghilangkan *ripple* atau kerut yang terjadi

pada arus ini. Serta sirkuit *Inverter* yang berfungsi untuk mengubah arus searah menjadi bolak-balik. Berikut gambar 2.22 di bawah ini adalah modul dari *Inverter*.

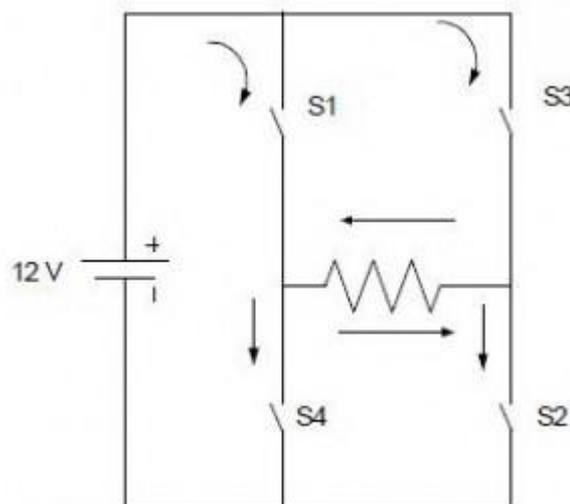


Gambar 2.22 *Inverter*

(Sumber: <http://duniaelektro.com>. Diakses pada 28 April 2016)

2.9.1 Prinsip Kerja *Inverter*

Pada dasarnya *inverter* merupakan sebuah alat yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari *inverter* tidak berbentuk sinusoida melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Berikut Gambar 2.23 ini merupakan gambar yang akan menerangkan prinsip kerja *inverter* dalam pembentukan gelombang tegangan persegi.



Gambar 2.23 Prinsip Kerja *Inverter*

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/inverter-dc-ke-ac/>. Diakses Pada 18 Mei 2015)

Prinsip kerja *inverter* dapat dijelaskan dengan menggunakan 4 sakelar seperti ditunjukkan pada gambar 2.23 diatas. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi *on* maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa (*pulse width modulation* – PWM) dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC.