



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING ORIENTATOR PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS ARDUINO UNO**

Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Komputer Pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas
Pembangunan Panca Budi Medan

SKRIPSI

OLEH

NAMA : FREDO YUDHI PUTRA S
NPM : 1724370776
PROGRAM STUDI : SISTEM KOMPUTER

**PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
MEDAN
2019**

ABSTRAK

FREDO YUDHI PUTRA S

**Rancang Bangun Sistem Monitoring Orientator Pada Pembangkit Listrik
Tenaga Surya Berbasis Arduino Uno
2019**

Kebutuhan akan energi listrik saat ini semakin tinggi. Hal ini seiring dengan kemajuan teknologi. Salah satu upaya teknologi untuk memanfaatkan energi cahaya matahari adalah dengan menggunakan panel surya. Panel surya adalah alat yang dapat mengubah energi listrik sesuai dengan intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran sinar matahari. Namun dalam pengaplikasiannya panel surya kebanyakan terpasang secara statis jikapun ada panel surya secara dinamis juga tidak cukup dikarenakan panel surya dinamis hanya bergerak sesuai arah matahari dari kiri ke kanan tanpa ada monitoring arah matahari dan sudut panel surya tersebut sehingga penyerapan intensitas matahari tidak optimal dan berakibat daya yang dihasilkan tidak maksimal. Panel surya sudah seharusnya dipasang sebuah alat bantu seperti monitoring untuk memaksimalkan daya yang diterima dari intensitas matahari. Tujuan penelitian ini adalah Rancang Bangun Sistem Monitoring Orientator Berbasis Arduino Uno yang dapat menampilkan sudut panel surya, sudut matahari, tegangan panel surya, tegangan baterai, arus pengecasan rangkaian dan volume pada baterai. Alat monitoring disini dirancang dengan menggunakan LCD. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengendali sistem, sensor Gyroscope sebagai pengukur sudut panel surya, RTC sebagai pengatur waktu sudut matahari, sensor Tegangan DC sebagai pendeteksi tegangan yang ada pada panel surya dan baterai, sensor Arus ACS712 sebagai pendeteksi aliran daya pada rangkaian dan LCD 20 x 4 untuk menampilkan informasi data dan hasil pembacaan sensor. Alat ini juga dirancang untuk mengirimkan informasi melalui *Text Massage* kepada pengguna.

Kata Kunci : Arduino Uno, Gyroscope, RTC, Tegangan DC, Arus ACS712, Volume Baterai, LCD 20 x 4, Text Massage.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian	5
1.6.1 Studi Literatur	5
1.6.2 Perancangan Software	5
1.6.3 Perancangan Hardware.....	5
1.6.4 Pengujian Sistem	5
1.6.5 Menganalisa dan Mengevaluasi	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Arduino	7
2.1.1 Macam – macam Mikrokontroler Arduino	8
2.1.2 Memulai Penggunaan <i>Software</i> Arduino Uno dengan Windows	12
2.2 Sensor Tegangan DC	14
2.3 Sel Surya / <i>Solar Cell</i>	15
2.3.1 Pengertian Sel Surya / <i>Solar Cell</i>	15
2.3.2 Prinsip Kerja Panel Surya	15
2.3.3 Sruktur Panel Surya	17
2.3.4 Generasi Panel Surya	20
2.4 <i>Real – time</i> (RTC) DS1307	22
2.5 Sensor Gyroscope	24
2.6 LCD 20 x 4	25
2.7 Sensor Arus ACS712	27
2.8 Modul SIM 800L	28
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Tahapan Penelitian	30
3.2 Studi Pustaka	31
3.3 Perancangan	31
3.3.1 Desain Sistem	31
3.3.2 Diagram Blok	32
3.4 Persiapan Alat dan Bahan	33

3.5	Perancangan <i>Hardware</i>	33
3.5.1	Rangkaian LCD 20 x 4	34
3.5.2	Rangkaian <i>Real – Time Clock</i> (RTC)	35
3.5.3	Rangkaian Sensor Gyroscope	36
3.5.4	Rangkaian Sensor Tegangan DC	37
3.5.4.1	Rangkaian Sensor Tegangan DC <i>Solar Cell</i>	38
3.5.4.2	Rangkaian Sensor Tegangan DC Baterai	38
3.5.5	Rangkaian Sensor Arus ACS712	39
3.5.6	Rangkaian Modul SIM 800L	40
3.5.7	Rangkaian Modul Stepdown LM2596	41
3.6	Perancangan Program	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 45

4.1	Pengujian Aplikasi dan Pembahasan	46
4.1.1	Hasil Pengujian LCD	46
4.1.2	Hasil Pengujian RTC	46
4.1.3	Hasil Pengujian Sensor Gyroscope	47
4.1.4	Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC	48
4.1.5	Hasil Pengujian Tegangan Panel Surya	49
4.1.6	Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712	50
4.1.7	Hasil Pengujian Modul SIM 800L	51
4.1.8	Hasil Pengujian Modul LM2596	52
4.2	Pembahasan Keseluruhan Sistem	53

BAB V PENUTUP 59

5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

BIOGRAFI PENULIS

LAMPIRAN – LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Matahari merupakan salah satu bintang yang mempunyai berbagai manfaat bagi kelangsungan seluruh makhluk hidup yang ada di bumi. Di Indonesia sendiri pemanfaatan matahari sebagai sumber energi belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa sangat berpotensi untuk mengeksplorasi cahaya matahari ini menjadi sumber energi. Intesitas energi radiasi matahari yang jatuh di Indonesia rata – rata sebesar 4,5 kWh/m² per-hari.

Dalam bidang energi, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari intesitas cahaya matahari yang tinggi di Indonesia ini adalah dengan memanfaatkan tenaga radiasi energi matahari dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik atau dengan kata lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Pembangkit yang memanfaatkan kondisi alam, menyebabkan energi listrik sangat fluktuatif tergantung dengan kondisi cuaca. Arus dan tegangan yang diterima biasanya kurang stabil dan dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan kinerja pada panel surya tersebut. Untuk mencegah hal tersebut, maka dibutuhkan alat bantu untuk memantau atau memonitoring kinerja panel surya tersebut dan memberikan notifikasi kepada pengguna.

Salsabila (2017) merancang prototipe sistem monitoring parameter pembangkit listrik tenaga surya berbasis *internet of thing* yang memanfaatkan konektivitas internet yang tersambung terus menerus untuk menampilkan rincian tegangan pada website.

Pada Sistem Monitoring Orientator Pembangkit Tenaga Surya akan di masukkan alat bantu pemantau atau monitoring yang dapat menampilkan tegangan yang ada pada panel surya, tegangan pada baterai, sudut matahari, sudut panel surya, arus dan volume baterai. Tegangan pada panel surya, tegangan pada baterai, sudut matahari, sudut panel surya, arus dan volume baterai tersebut akan ditampilkan ke dalam sebuah LCD dan sebagai pendukung juga dapat ditampilkan dalam bentuk *Text Massage*. Jika volume baterai dibawah *low* atau lemah maka sistem akan memberikan sebuah notifikasi atau pemberitahuan berbentuk *Text Massage* kepada *user* Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut dan *user* juga dapat meminta informasi tersebut dalam bentuk *Text Massage*.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana mengetahui arus dan daya yang masuk ke dalam panel surya?
2. Bagaimana menganalisa dan merancang alat monitoring pada panel surya tersebut berbasis arduino uno serta pengujian sistem dari monitoring dan notifikasi tersebut?
3. Bagaimana implementasi dan kinerja sistem monitoring tersebut?

1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan dan pembuatan sistem ini menggunakan Arduino Uno
2. Pergerakan panel surya tidak otomatis.
3. Sistem ini bekerja dengan kendali jarak dekat bukan jarak jauh.
4. Informasi yang diterima dari sistem ini hanya dengan lcd dan *text message*.
5. Perancangan dan pembuatan miniatur sistem monitoring.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem dengan lcd untuk menampilkan informasi pada panel surya.
2. Mengetahui cara merancang sistem monitoring pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis arduino dan melakukan pengujian untuk mengalisa sistem yang berjalan.
3. Merancang LCD untuk menampilkan informasi seputar hasil pembacaan komponen yang terpasang, menggunakan sensor Gyroscope untuk mengetahui sudut panel surya, menggunakan RTC untuk mengetahui sudut matahari, menggunakan sensor Tegangan DC untuk mengetahui tegangan yang ada pada panel surya dan baterai, menggunakan sensor Arus ACS712 untuk mengetahui arus pengecasan pada baterai dan menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengendali sistem monitoring

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penggunaan sistem ini adalah :

1. Dapat memberikan informasi tentang panel surya kepada pengguna.
2. Sebagai alat bantu untuk mendapatkan sumber energy maksimal dari penggunaan cahaya matahari.
3. Meminimalisir kerusakan pada panel surya.
4. Untuk mengimplementasikan ilmu yang diperoleh selama mengemban ilmu di perkuliahan sistem komputer Universitas Panca Budi serta menambah wawasan mengenai sistem monitoring dan Arduino Uno.

1.6 Metode Penelitian

1.6.1 Studi Literatur

Menganalisa sistem dengan melakukan studi literatur, identifikasi masalah, pemahaman kinerja sistem dan analisa kebutuhan dari peneliti yang telah melakukan hal yang sama sebelumnya

1.6.2 Perancangan Software

Meliputi tahapan – tahapan untuk perencanaan dan perancangan *software* atau program yang digunakan.

1.6.3 Perancangan Hardware

Meliputi tahapan – tahapan untuk perencanaan dan perancangan *hardware* yang digunakan

1.6.4 Pengujian Sistem

Merupakan proses pengujian dan konfigurasi sistem. Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan Sistem monitoring pada pembangkit listrik tenaga surya menggunakan LCD 20 x 4 dan *Text Message*.

1.6.5 Menganalisa dan Mengevaluasi

Merupakan tahap bagaimana cara penulis mewujudkan sistem tersebut secara nyata dalam kehidupan sehari – hari. Dengan begitu, penulis dapat menilai apakah sistem dapat bekerja dengan baik.

1.7 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan metodologi penelitian yang digunakan dalam sistematika penyusunan skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi beberapa teori penunjang yang berhubungan dengan pokok bahasan dan yang mendasari perancangan dan pembuatan skripsi.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan perangkat yang meliputi perancangan sistem, software dan hardware.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang implementasi dari desain sistem yang telah dilakukan pada tahap perancangan dan membahas tentang skenario uji coba terhadap sistem yang telah dibuat, serta menjelaskan hasil yang diperoleh dari perancangan dan pembuatan alat monitoring berbasis arduino uno.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan akhir setelah dilakukan uji coba dan evaluasi terhadap sistem dan saran – saran yang diperoleh dari hasil uji coba yang telah dilakukan serta saran – saran apabila sistem ini ingin dikembangkan lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Arduino

Arduino merupakan papan elektronik *open source* dengan rangkaian sistem minimum minikontroller didalamnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah AVR produk dari Intel.

2.1.1 Macam – macam Mikrokontroler Arduino

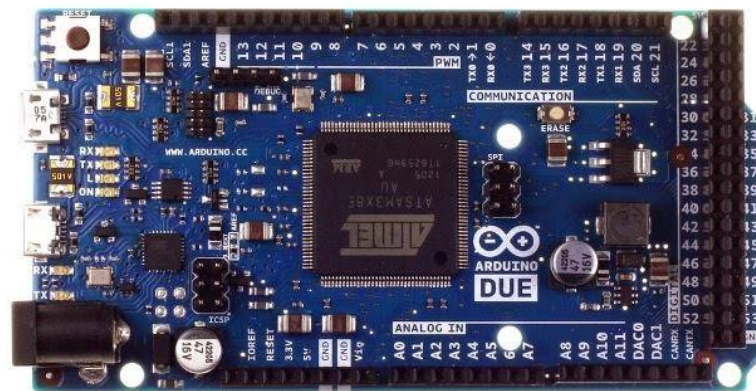
1. Arduino Uno. Jenis yang ini adalah yang paling banyak digunakan. Terutama untuk pemula sangat disarankan untuk menggunakan Arduino Uno. Dan banyak sekali referensi yang membahas Arduino Uno. Versi yang terakhir adalah Arduino Uno R3 (Revisi 3), menggunakan ATMEGA328 sebagai Microcontrollernya, memiliki 14 pin I/O digital dan 6 pin input analog. Untuk pemograman cukup menggunakan koneksi USB type A to To type B. Sama seperti yang digunakan pada USB printer.



Gambar 2.1 Arduino Uno

Sumber : <https://kelasrobot.com> (2019)

2. Arduino Due. Berbeda dengan saudaranya, Arduino Due tidak menggunakan ATMEGA, melainkan dengan chip yang lebih tinggi ARM Cortex CPU. Memiliki 54 I/O pin digital dan 12 pin input analog. Untuk pemrogramannya menggunakan Micro USB, terdapat pada beberapa handphone.



Gambar 2.2 Arduino DUE

Sumber : <https://kelasrobot.com> (2019)

3. Arduino Mega. Mirip dengan Arduino Uno, sama-sama menggunakan USB type A to B untuk pemrogramannya. Tetapi Arduino Mega, menggunakan Chip yang lebih tinggi ATMEGA2560. Dan tentu saja untuk Pin I/O Digital dan pin input Analognya lebih banyak dari Uno.



Gambar 2.3 Arduino Mega

Sumber : (<https://kelasrobot.com>,2019)

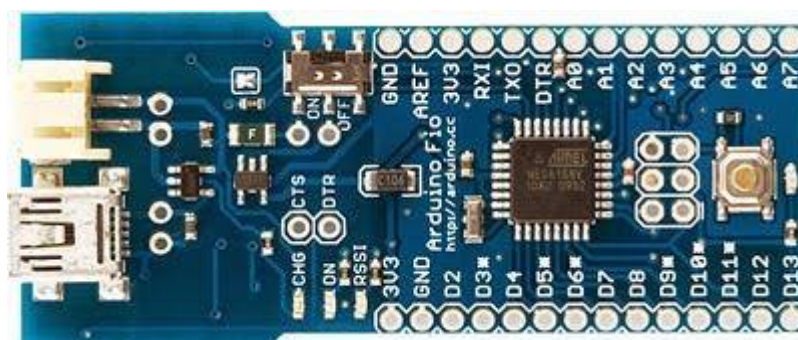
4. Arduino Leonardo. Bisa dibilang Leonardo adalah saudara kembar dari Uno. Dari mulai jumlah pin I/O digital dan pin input Analognya sama. Hanya pada Leonardo menggunakan Micro USB untuk pemrogramannya.



Gambar 2.4 Arduino Leonardo

Sumber : <https://kelasrobot.com> (2019)

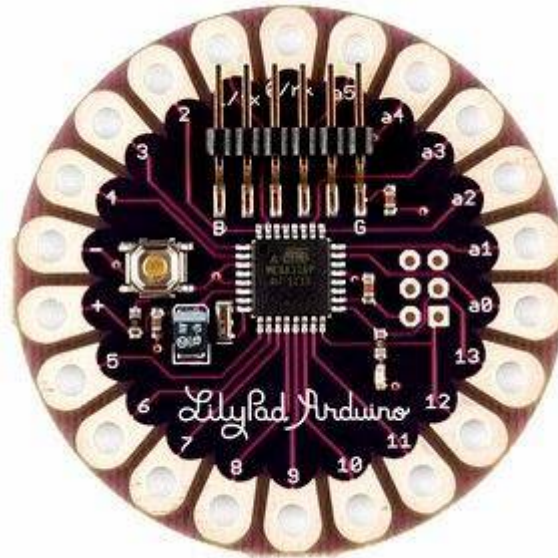
5. Arduino Fio. Bentuknya lebih unik, terutama untuk socketnya. Walau jumlah pin I/O digital dan input analognya sama dengan uno dan leonardo, tapi Fio memiliki Socket XBee. XBee membuat Fio dapat dipakai untuk keperluan proyek yang berhubungan dengan wireless.



Gambar 2.5 Arduino Fio

Sumber : <https://kelasrobot.com> (2019)

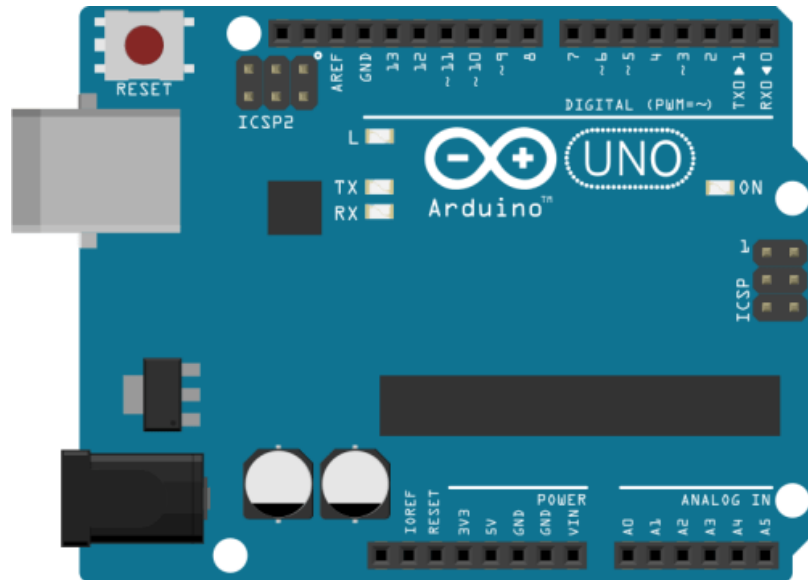
6. Arduino Lilypad. Bentuknya yang melingkar membuat Lilypad dapat dipakai untuk membuat projek unik. Seperti membuat amor iron man misalkan. Hanya versi lamanya menggunakan ATMEGA168, tapi masih cukup untuk membuat satu projek keren. Dengan 14 pin I/O digital, dan 6 pin input analognya.



Gambar 2.6 Arduino Lilypad

Sumber : (<https://kelasrobot.com.2019>)

Pada penelitian ini menggunakan Arduino Uno yang menggunakan mikrokontroller ATmega328. Berikut gambar arduino uno:



Gambar 2.7 Board Arduino Uno

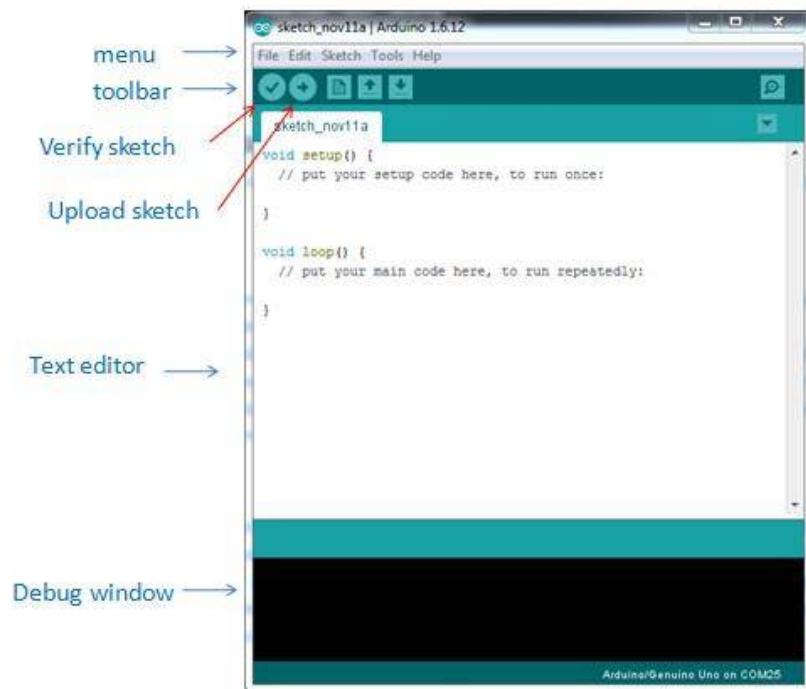
Sumber : <https://arduino.cc> (2019)

Adapun bagian – bagian dari arduino uno sebagai berikut :

1. Pin *Digital*
2. Pin *Analog*
3. Pin *Power* (5v, 3.3v, *Ground*, Vin, VREF / Tegangan referensi)
4. Port ICSP
5. Port USB
6. *Power*
7. Tombol *Power*

Dalam mengoperasikan arduino uno harus menggunakan *software* untuk memasukkan program. Program yang digunakan pada arduino uno adalah bahasa

C. Berikut fungsi dan tampilan *software* Arduino IDE :

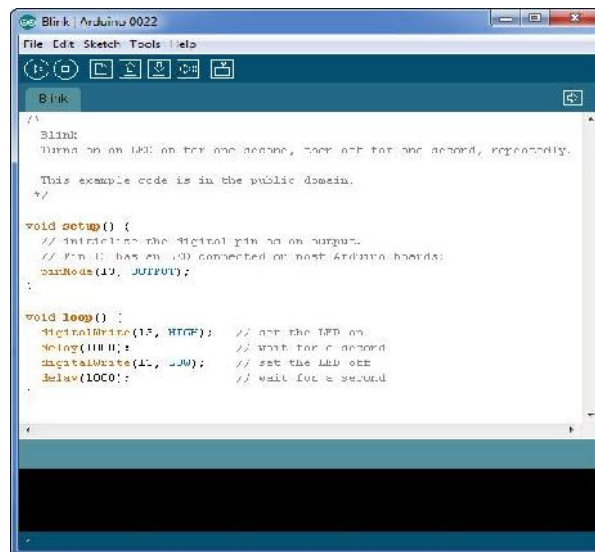


Gambar 2.8 Software Arduino IDE

Sumber : Rizal Akbar (2018)

2.1.2 Memulai Penggunaan *Software* Arduino Uno dengan Windows

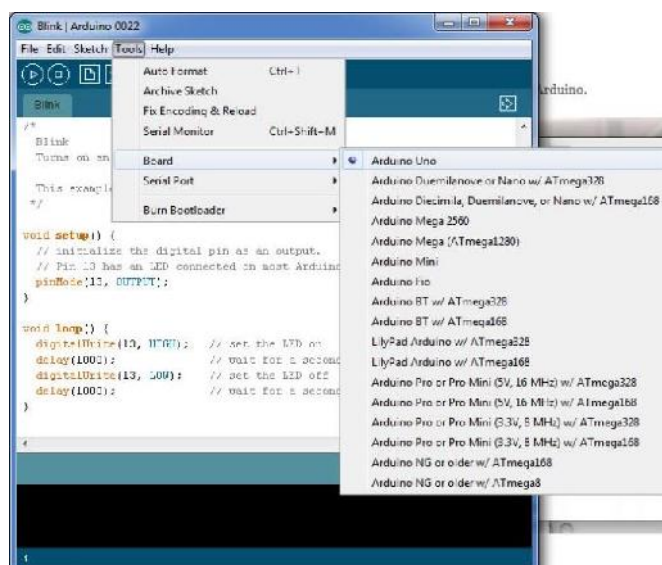
1. Hubungkan *board* Arduino Uno dengan Kabel *USB*
2. Download *software* Arduino Uno pada halaman website www.arduino.cc
3. Hubungkan *board* Arduino Uno.
4. Instal driver untuk Arduino Uno dengan Windows 7, vista atau XP.
5. Instal driver untuk Arduino Uno Duemilanove, Nano atau Diecimila dengan Windows 7, vista dan xp.
6. Setelah selesai instalasi, kemudian jalankan *software* Arduino IDE.
7. Buka contoh program blink dengan menekan file kemudian examples kemudian basics dan blink seperti gambar 2.9.



Gambar 2.9 Tampilan Program Blink

Sumber : Rizal Akbar (2018)

8. Pilih *board* anda. Contoh gambar 2.10



Gambar 2.10 Contoh board

Sumber : Rizal Akbar (2018)

9. Kemudian pilih *serial port* anda.

10. *Upload* program seperti gambar 2.11.



Gambar 2.11 Tampilan *Upload*

Sumber : Rizal Akbar (2018)

2.2 Sensor Tegangan DC

Sensor Tegangan DC adalah suatu alat yang mengukur tegangan pada alat elektronik. Sensor tegangan dc umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut *voltage divider*. Sensor ini didasarkan pada prinsip redaman resistensi dan dapat membuat tegangan *input* dari terminal berkurang sampai seperlima dari teganan asli. Sensor tegangan dc menggunakan trafo tegangan untuk menurunkan tegangan dari 220 ke 5 volt AC, kemudian diserahkan dengan jembatan diode untuk mendapatkan tegangan DC, kemudian di filter menggunakan kapasitor dan masuk kerangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan. Pada gambar dibawah ini dapat dilihat bentuk dari sensor tegangan dc.



Gambar 2.12 Sensor Tegangan DC

Sumber : Riky Siregar (2017)

2.3 Sel Surya / Solar Cell

2.3.1 Pengertian Sel Surya / Solar Cell

Sel surya adalah kumpulan sel fotovoltaik yang dapat mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel – sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan.

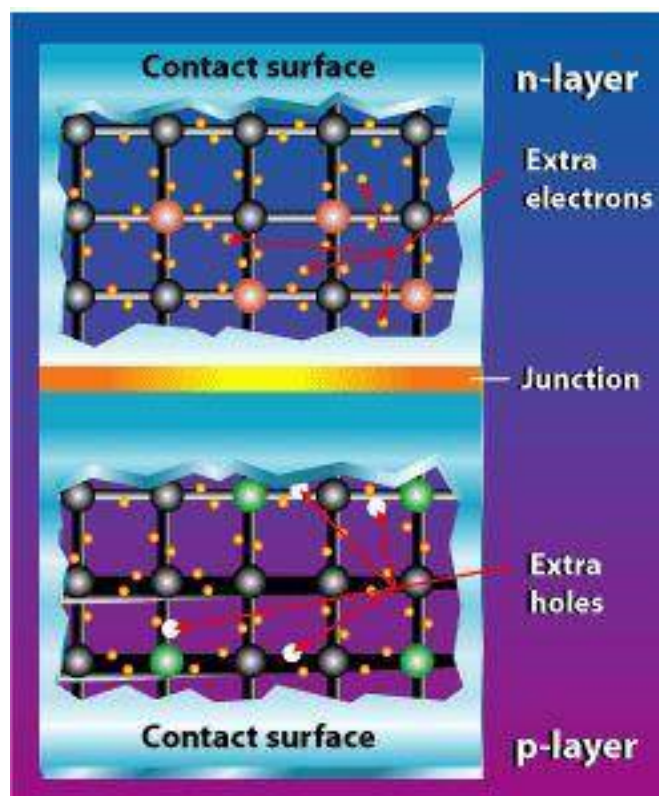
Sel surya biasanya memiliki umur 20 tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%.

Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada yang bergerak. Satu – satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut.

2.3.2 Prinsip Kerja Panel Surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan – ikatan atom yang dimana terdapat electron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor

tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan electron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan materi silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n.

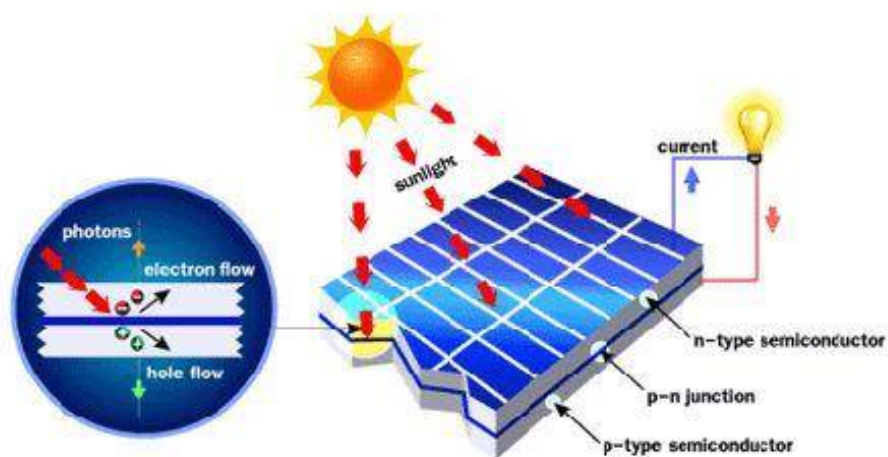


Gambar 2.13 *Junction* antara semikonduktor tipe-p (kelebihan *hole*) dan tipe-n (kelebihan elektron).

Sumber : Khalid (2017)

Peran dari p-n *junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan *hole*) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika

semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan gambar dibawah ini.



Gambar 2.14 Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip p-n junction

Sumber : Khalid (2017)

2.3.3 Struktur Panel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis – jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian – bagian penyusun sel yang

berbeda pula. Dalam tulisan ini akan dibahas struktur dan cara kerja dari sel surya yang umum berada dipasaran yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (*thin film* / lapisan tipis).

1. Substrat / *Metal backing*

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya *dye-sensitized (DSSC)* dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *indium tin oxide (ITO)* dan *fluorine doped tin oxide (FTO)*.

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (*kadnium telleride*), dan *amorphous* silikon, disamping material – material semikonduktor potensial lain

yang dalam sedang penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTS) dan Cu_2O (*copper oxide*).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari *junction* atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material – material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS, dll) yang membentuk p-n *junction*. P-n *junction* ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n dan juga prinsip p-n *junction* dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

3. Kontak metal / *Contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan anti reflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti – refleksi. Material anti – refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif *optic* antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan kearah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi / cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

2.3.4 Generasi Panel Surya

1. Generasi pertama sel surya berbasis *wafer*.

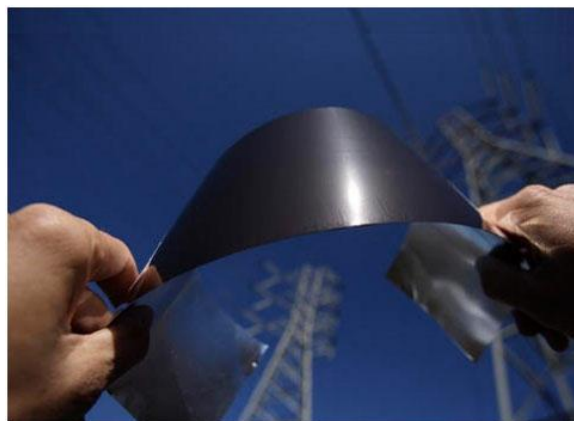


Gambar 2.15 Generasi Pertama Panel Surya berbasis *Wafer*

Sumber : Khalid (2017)

Sel *fotovoltaik* generasi pertama terdiri dari area besar, lapisan Kristal tunggal, tunggal diode *pn junction*, mampu menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan dari sumber cahaya dengan panjang gelombang sinar matahari. Sel – sel ini biasanya dibuat dengan menggunakan proses difusi dengan *wafer* silikon. Ini *wafer* silikon – Sel surya berbasis teknologi dominan dalam produksi komersial sel surya, akuntansi lebih dari 85% dari pasar sel surya *terrestrial*.

2. Generasi kedua thin film



Gambar 2.16 Generasi Kedua Panel Surya berbasis *Thin Film*

Sumber : Khalid (2019)

Sel – sel ini didasarkan pada penggunaan tipis epitaksi (epitaksi mengacu pada metode penyetoran *film monocrystalline* pada *substrat monocrystalline*) deposito semikonduktor pada *wafer* kisi – cocok. Pencocokan struktur kisi antara dua bahan semikonduktor yang berbeda, memungkinkan pembentukan daerah perubahan celah pita dalam materi tanpa memperkenalkan perubahan dalam struktur kristal. Ada dua kelas sel *fotovoltaik* epitaxial – ruang dan terrestrial. Ruang sel biasanya memiliki efisiensi yang lebih tinggi (28-30%) dalam produksi, tetapi memiliki biaya yang lebih tinggi per *watt*. Meskipun sel tipis-*film* telah dikembangkan menggunakan lebih rendah biaya proses, mereka memiliki efisiensi yang lebih rendah (7-9%). Saat ini ada beberapa teknologi dan bahan semikonduktor diselidiki atau di produksi massal. Contoh termasuk silikon amorf, silikon *polikristal*, mikro-kristal silikon, *telluride kadmium*, tembaga *indium selenide / sulfide* antara lain. Sebuah keuntungan dari teknologi *film* tipis berkurang massa yang memungkinkan panel pas pada bahan cahaya atau fleksibel, bahkan pada tekstil. Sel surya generasi kedua sekarang terdiri dari segmen kecil dari pasar *fotovoltaik terestial*, dan sekitar 90% dari pasar ruang

3. Generasi ketiga Sel *Fotovoltaik*

Meningkatkan kinerja sambil menjaga biaya rendah generasi berikutnya sel bertujuan untuk meningkatkan kinerja listrik yang rendah dari sel – sel generasi kedua sambil menjaga biaya rendah. Mereka tidak bergantung pada pn *junction* tradisional untuk memisahkan foto – pembawa muatan yang dihasilkan. Beberapa pendekatan yang digunakan dalam ini adalah *multijunction* sel, *nano* – sel kristal, pewarna – sel peka, sel polimer, memodifikasi *spectrum* kejadian (konsentrasi), sel

generasi termal kelebihan untuk meningkatkan tegangan, Untuk aplikasi ruang kuantum baik perangkat (titik kuantum, kuantum tali, dll) dan perangkat menggabungkan *nanotube* karbon sedang diteliti – dengan potensi efisiensi produksi hingga 45%.

4. Generasi keempat sel *fotovoltaik* komposit

Ini generasi hipotesis sel surya dapat terdiri dari teknologi *fotovoltaik* komposit, di mana polimer dengan *nano* – partikel dapat dicampur bersama – sama untuk membuat lapisan *multi – spectrum* tunggal. *Multi – spectrum* lapisan dapat ditumpuk untuk membuat sel – sel *multi – spectrum* matahari yang efisien dan lebih murah.

Dari empat generasi yang tercantum diatas, dua yang pertama dikomersilkan. Massal dari modul *fotovoltaik* digunakan sejauh terdiri dari kristal silikon. Efisiensi dari modul silikon kristal bervariasi 17-22%, meskipun batas teoritis adalah sekitar 29% Menggunakan modul ini, cahaya matahari yang besar terhubung ke grid, pembangkit listrik mandiri untuk desa – desa dan daerah kecil telah didirikan.

2.4 *Real – Time Clock (RTC) DS1307*

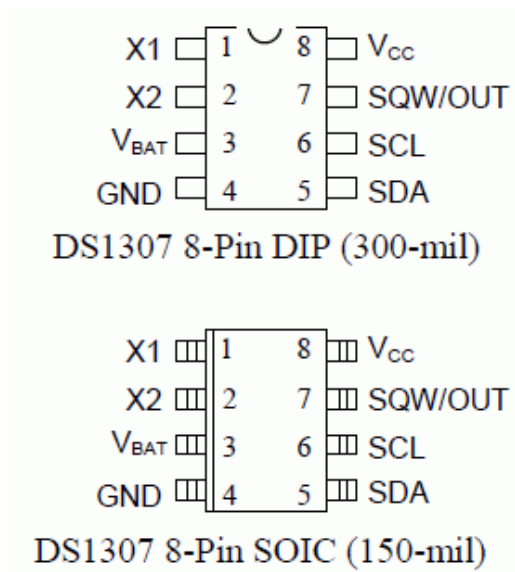
Real – time clock (RTC) DS1307 adalah IC yang dibuat oleh perusahaan Dallas Semikonduktor. IC ini memiliki kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik. *Real-time clock DS1307* memiliki fitur sebagai berikut:

1. *Real-Time Clock (RTC)* menyimpan data – data detik, menit, jam, tanggal dan bulan dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100.
2. 56-byte, *battery-backed*, RAM *nonvolatile (NV)* RAM untuk penyimpanan.

3. Antarmuka serial *Two – wire* (I2C).
4. Sinyal keluaran gelombang kotak terprogram (*Programmable squarewave*).
5. Deteksi otomatis kegagalan-harga (*power – fail*) dan rangkaian switch.
6. Konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.
7. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu : -40°C hingga +85°C.
8. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.

Sedangkan daftar pin RTC DS1307 adalah sebagai berikut :

1. VCC – *Primary Power Supply*.
2. X1, X2 – 32.768 kHz Crystal Connection.
3. VBAT - +3V *Battery Input*.
4. GND – *Ground*
5. SDA – *Serial Data*
6. SCL – *Serial Clock*
7. SQW / OUT – *Square Wave / Output Driver*.

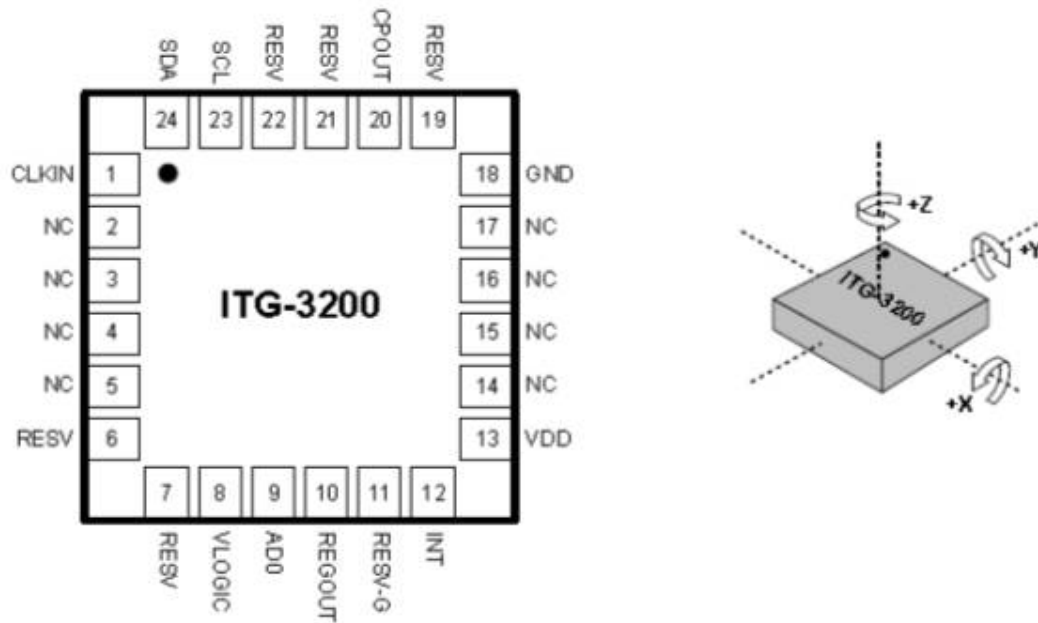


Gambar 2.17 Diagram Pin RTC DS1307

Sumber : *Data Sheet IC Reak – Time Clock DS1307* (2019)

2.5 Sensor Gyroscope

Sensor Gyroscope merupakan suatu alat elektronik yang berfungsi untuk mengukur kecepatan sudut dengan satuan ($^{\circ}/s$) yang dialami oleh suatu benda pada *pitch*, *roll* dan *yaw*. Sehingga dengan memanfaatkan data kecepatan tersebut dapat diketahui kemiringan suatu benda.

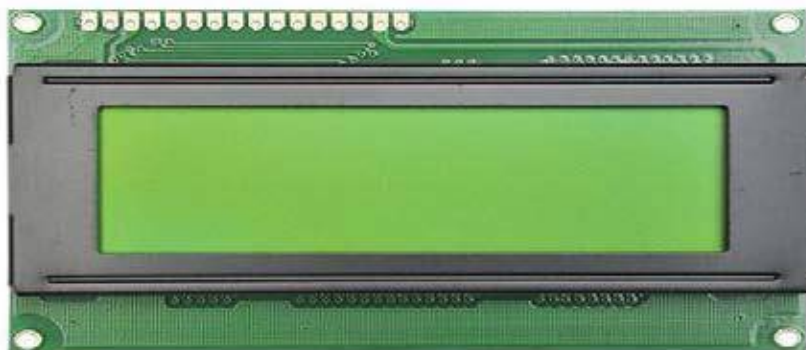


Gambar 2.18 Konfigurasi Pin Sensor ITG-3200

Sumber : Immersa-Lab (2018)

2.6 LCD 20 x 4

Liquid Crystak Display (LCD) biasa dipakai untuk menampilkan teks. Salah satu bentuknya di ada pada gambar dibawah ini yang dapat menampilkan 20 x 4 karakter. Komponen ini memiliki 16 pin dengan fungsi masing – masing sesuai table yang dibawah ini.



Gambar 2.19 LCD 20 x 4

Sumber : Afrizal Fitriandi (2016)

Tabel 2.1 Pin – pin LCD

No. Pin	Nama Pin	Keterangan
1	VSS	Dihubungkan ke <i>ground</i>
2	VDD	Catu daya positif
3	V0	Pengatur kontras. Potensiometer 10K Ω bisa digunakan untuk mengatur tingkat kontras
4	RS	<i>Register Select</i> : RS = <i>HIGH</i> untuk mengirim data RS = <i>LOW</i> untuk mengirim instruksi
5	R / W	Read / Write control bus R / W <i>HIGH</i> untuk membaca data di LCD
6	E	<i>Data Enable</i> E = <i>HIGH</i> supaya LCD dapat diakses

7	DB0	Data
8	DB1	Data
9	DB2	Data
10	DB3	Data
11	DB4	Data
12	DB5	Data
13	DB6	Data
14	DB7	Data
15	BLA	Catu daya positif untuk layar
16	BLK	Catu daya negatif untuk layar

Sumber : Afrizal Fitriandi (2016)

2.7 Sensor Arus ACS712

Sensor Arus ACS712 adalah sensor dengan memanfaatkan *Hall Effect*. Cara kerja sensor arus yaitu membaca arus yang mengalir pada kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *Hall Effect* IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Sensor ini untuk mengumpulkan informasi dari arus listrik yang mengalir dalam jaringan tenaga listrik dan mikrocontroller untuk memonitor nilai yang dikumpulkan oleh sensor untuk membuat keputusan yang diperlukan sesuai dengan sistem yang digunakan. Karakteristik Sensor Arus ACS712 dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Karakteristik Sensor Arus ACS712

Karakteristik	Simbol	Rating Maksimal
Tegangan Suplai	Vcc	8V
<i>Output</i> Tegangan	Vout	8V
Toleransi Arus Lebih	Ip	100A
Sensitivitas		Tipe 5 T = 185 mV/A Tipe 20 T = 100 mV/A Tipe 30 T = 66 mV/A

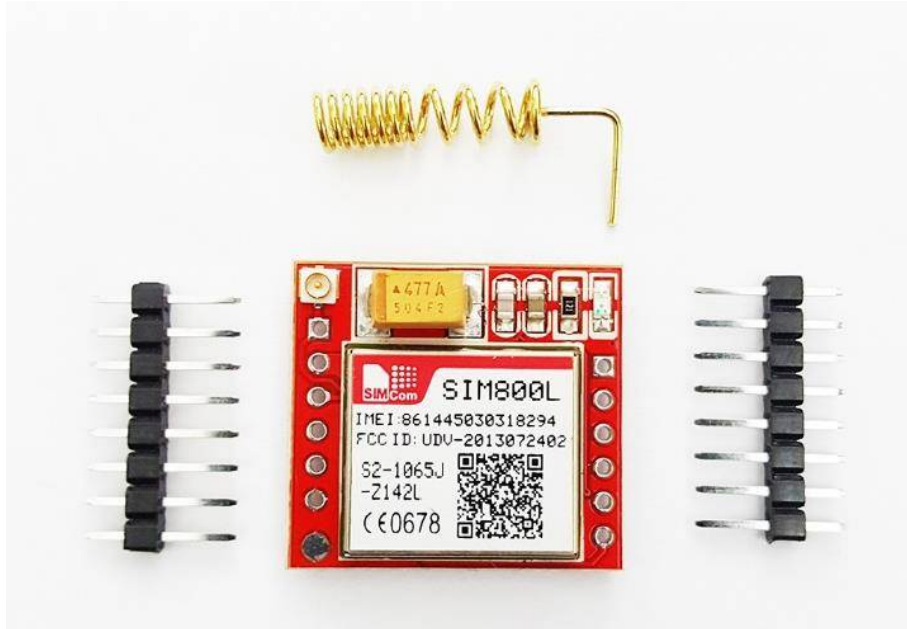
Sumber : Afrizal Fitriandi (2016)

2.8 Modul SIM 800L

Modul SIM 800L adalah perangkat yang bisa digunakan untuk menggantikan fungsi *handphone*. Untuk komunikasi data antara jaringan seluler, maka digunakan Modul SIM 800L yang digunakan sebagai media panggilan telepon seluler. Protokol komunikasi yang digunakan adalah komunikasi *standart* modem yaitu *AT Command*. Adapun beberapa fitur Modul GSM SIM 800L antara lain :

1. Antarmuka : UART
2. *Support AT Command*
3. SMS : *SMS Broadcast*, mode teks dan mode *Protocol Data Unit (PDU)*
4. Catu Daya : 3.2 – 4.8v
5. Fitur Tambahan : *Analog Audio, Antena Pad*

6. Konsumsi daya : 1.0 mA (pada *sleepmode*)



Gambar 2.20 Modul SIM 800L

Sumber : Belajar Arduino (2016)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil serta pembahasan pada pengujian sistem monitoring yang telah dibuat pada sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian sistem ini terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari pengujian terhadap tiap – tiap bagian pendukung sistem hingga pengujian sistem secara keseluruhan. Dari hasil pengujian maka dapat dianalisa kinerja dari tiap – tiap bagian sistem yang saling berinteraksi sehingga terbentuk sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya. Pengujian terhadap keseluruhan sistem berguna untuk mengetahui bagaimana kinerja dan tingkat keberhasilan dari sistem tersebut. Dan hasil perancangan dan pembuatan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Akhir Pembuatan Sistem Monitoring

4.1 Pengujian Aplikasi dan Pembahasan

4.1.1 Hasil Pengujian LCD

Pengujian pada LCD ini dilakukan untuk mengetahui apakah pin LCD dan Arduino Uno sudah terpasang dengan benar atau tidak yang nantinya LCD akan menampilkan hasil pembacaan RTC, sensor Gyroscope, sensor Tegangan DC dan Sensor Arus ACS712. Adapun untuk memulai pengujian ini dengan memasukkan perintah program LCD sederhana ke dalam Arduino Uno dengan *software* Arduino IDE. Hasil dari pengujian LCD dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian LCD 20 x 4

4.1.2 Hasil Pengujian RTC

Pengujian pada RTC ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan dari ic RTC. RTC ini yang nantinya sebagai pengatur atau pengingat waktu yang berhubungan dengan sudut matahari. Adapun untuk memulai pengujian RTC dengan memasukkan perintah program sederhana ke dalam Arduino dengan *software* Arduino IDE. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 4.3.

```

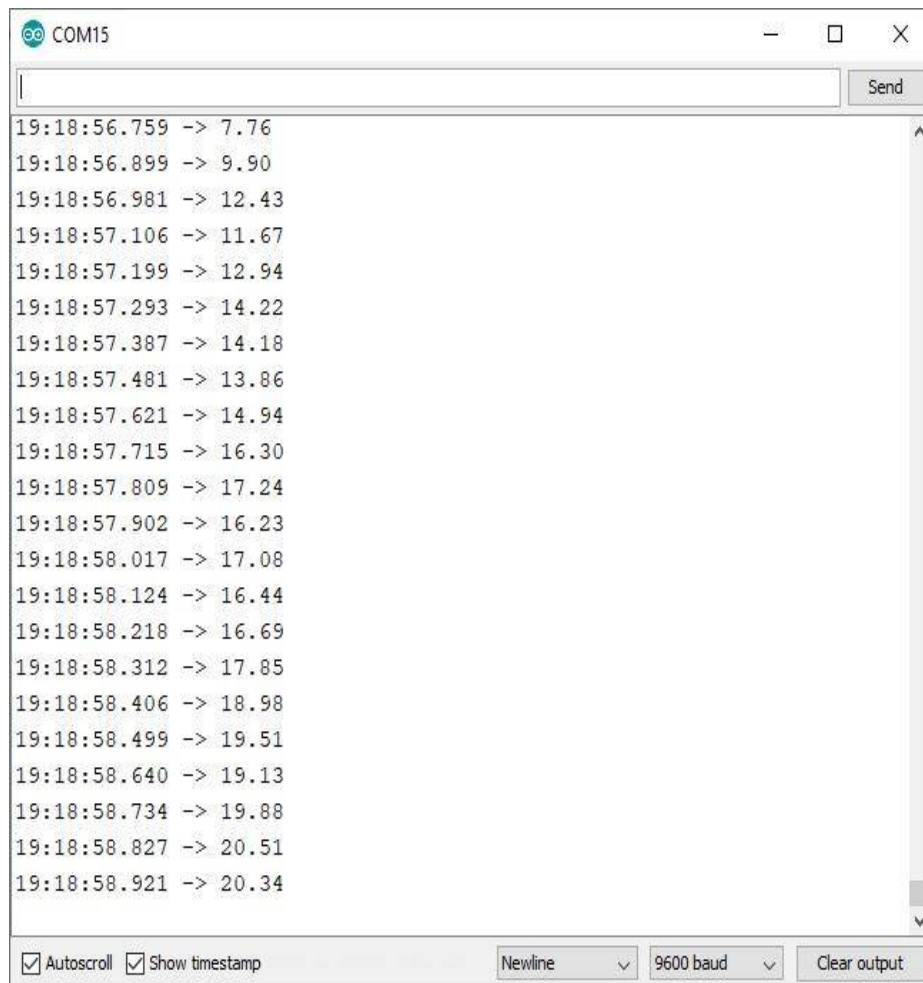
COM15
19:12:37.590 -> DS1307RTC Road Test
19:12:37.590 >
19:12:37.590 > Ok, Time = 19:15:56, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:38.587 -> Ok, Time = 19:15:57, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:39.621 -> Ok, Time = 19:15:58, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:40.593 -> Ok, Time = 19:15:59, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:41.501 > Ok, Time = 19:16:00, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:42.600 -> Ok, Time = 19:16:01, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:43.603 -> Ok, Time = 19:16:02, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:44.590 -> Ok, Time = 19:16:03, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:45.621 > Ok, Time = 19:16:04, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:46.621 > Ok, Time = 19:16:05, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:47.594 -> Ok, Time = 19:16:06, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:48.597 -> Ok, Time = 19:16:07, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:49.631 -> Ok, Time = 19:16:08, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:50.634 > Ok, Time = 19:16:09, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:51.605 -> Ok, Time = 19:16:10, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:52.619 -> Ok, Time = 19:16:11, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:53.623 -> Ok, Time = 19:16:12, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:54.626 -> Ok, Time = 19:16:13, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
19:12:55.646 > Ok, Time = 19:16:14, Date (D/M/Y) = 15/10/2019
Autoscroll [checked] show timestamp [checked] Newline [dropdown] 9600 baud [dropdown] Clear output [button]

```

Gambar 4.3 Hasil Pengujian RTC DS1307

4.1.3 Hasil Pengujian Sensor Gyroscope

Pengujian Sensor Gyroscope ini dilakukan untuk mengambil data dan hasil pembacaan sensor. Hasil pengujian berupa nilai sudut. Adapun untuk memulai pengujian Sensor Gyroscope dengan memasukkan perintah program sederhana ke dalam Arduino dengan software Arduino IDE. Program sederhana tersebut dijalankan dan panel surya di gerakkan kearah kanan atau kiri untuk mendapat hasil sudut panel surya. Hasil dari pengujian Sensor Gyroscope dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Sensor Gyroscope

4.1.4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC

Pengujian sensor Tegangan DC dilakukan untuk mengambil data dan hasil pembacaan Sensor Tegangan DC. Hasil pengujian berupa nilai tegangan pada baterai dan tegangan pada panel surya. Hasil dari pengujian Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada gambar 4.5.

```

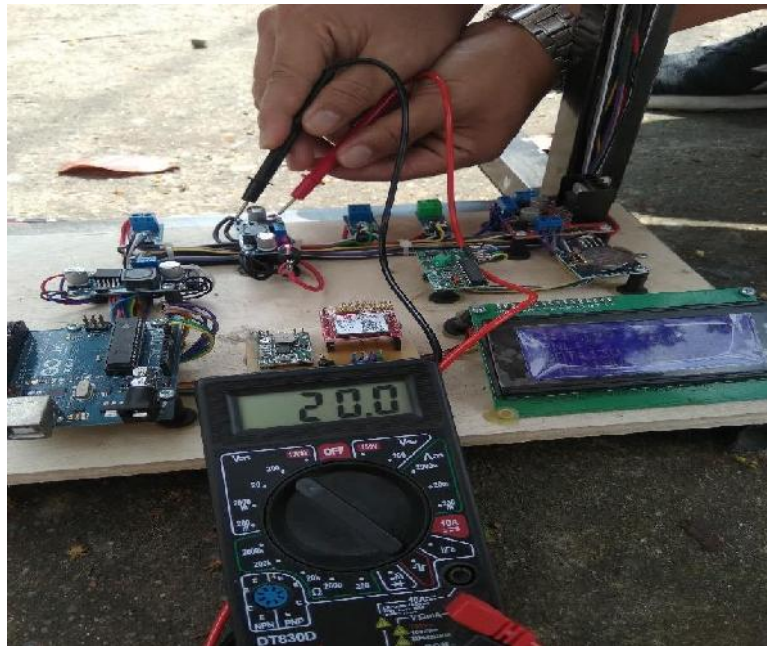
COM15
19:13:51.911 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:52.413 -> vBatt = 12.21      vSolarPanel = 2.73
19:13:52.931 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:53.415 -> vBatt = 12.21      vSolarPanel = 2.73
19:13:53.932 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:54.403 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:54.921 -> vBatt = 12.21      vSolarPanel = 2.76
19:13:55.438 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.76
19:13:55.907 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:56.424 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:56.939 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.76
19:13:57.406 -> vBatt = 12.18      vSolarPanel = 2.73
19:13:57.923 -> vBatt = 12.30      vSolarPanel = 2.73
19:13:58.444 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.76
19:13:58.913 -> vBatt = 12.26      vSolarPanel = 2.73
19:13:59.411 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:13:59.927 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:14:00.415 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:14:00.917 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73
19:14:01.450 -> vBatt = 12.35      vSolarPanel = 2.73
19:14:01.919 -> vBatt = 12.33      vSolarPanel = 2.73
19:14:02.446 -> vBatt = 12.28      vSolarPanel = 2.73

```

Gambar 4.5 Hasil Pengujian Sensor Tegangan DC

4.1.5 Hasil Pengujian Tegangan Panel Surya

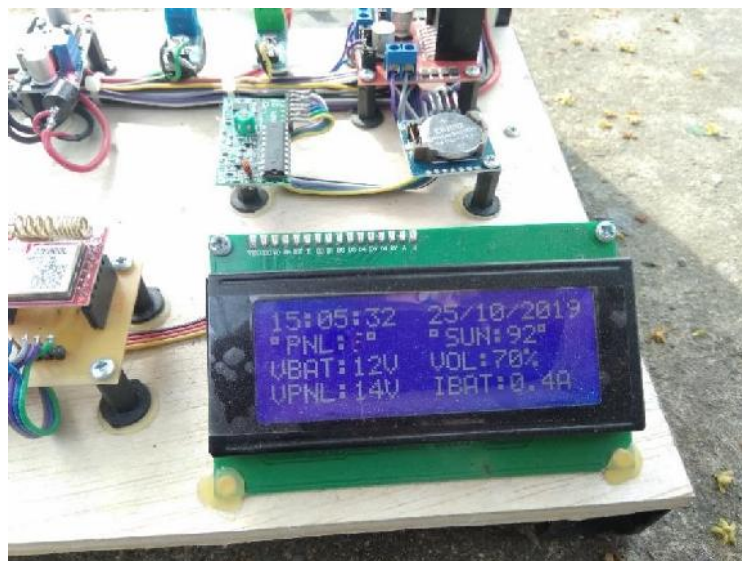
Pengujian Tegangan Panel Surya ini dilakukan dengan mengukur tegangan yang ada pada panel surya yang dihasilkan dari sinar matahari dengan menggunakan *voltmeter* digital. Caranya tes lead merah (+) dihubungkan ke pin output + panel surya dan tes lead hitam (-) dihubungkan ke pin – panel surya Sensor Tegangan DC. Data dari hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Tegangan Panel Surya

4.1.6 Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian Sensor Arus ACS712 ini dilakukan untuk pengambilan data dan hasil pembacaan Sensor Arus. Hasil pengujian merupakan nilai arus yang ditampilkan pada LCD. Hasil pengujian Sensor Arus dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712

4.1.7 Hasil Pengujian Modul SIM 800L

Pengujian Modul SIM 800L dilakukan dengan mengukur kecepatan sms yang diterima oleh Modul SIM 800L dan mengirimkannya kepada pengguna dengan menggunakan alat *stopwatch*. Data dari hasil pengukuran diperoleh waktu seperti yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Modul SIM 800L

Format SMS Dikirim	Format SMS Diterima	Waktu/Detik
*info#	Sdt Panel: 24, Sdt Matahari:304, VBAT:12v VPANEL:2v VOL:35% IBAT:0.5A	4,08
*info#	Sdt Panel: 347, Sdt Matahari: 347, VBAT:11v VPANEL:3v VOL:65% IBAT:0.4A	5,99
*info#	Sdt Panel: 315, Sdt Matahari:313, VBAT:12v VPANEL:14v	5,05

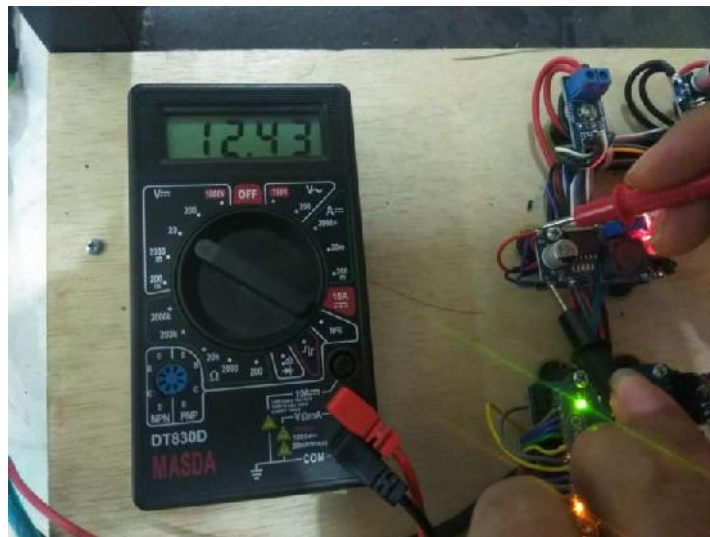
	VOL:70%	
	IBAT:0,4A	

4.1.8 Hasil Pengujian Modul LM2596

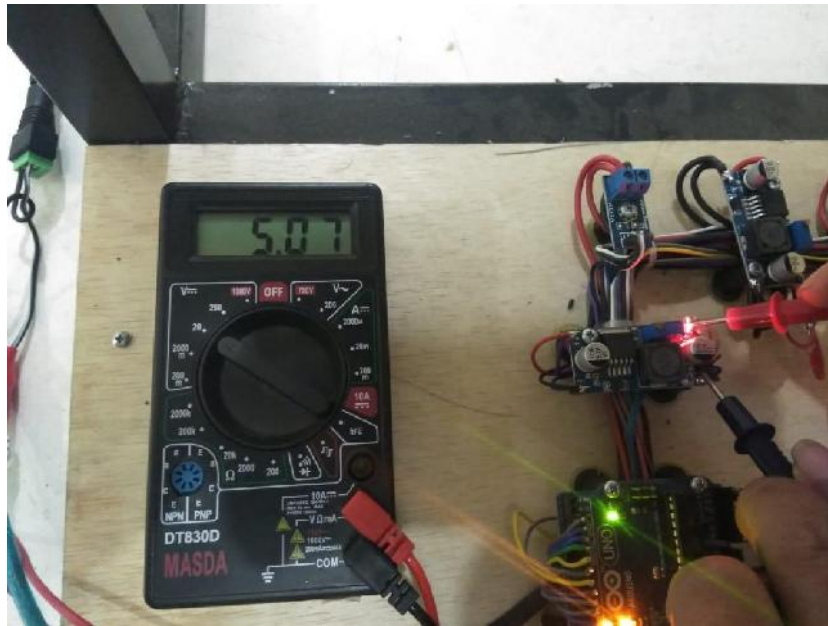
Pengujian Modul LM2596 dilakukan dengan mengukur tegangan input yang dihasilkan oleh *voltmeter* digital, dengan cara tes lead merah (+) dihubungkan ke pin IN Modul LM2596 dan tes lead hitam (-) dihubungkan ke pin -IN Modul LM2596 dan mengukur tegangan output dengan cara tes lead merah (+) dihubungkan dengan pin CUT Modul LM2596 dan tes lead hitam (-) dihubungkan dengan pin -CUT Modul LM2596. Dari hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Modul LM2596

Tegangan Input	Tegangan Output
12,43	5,07



Gambar 4.8 Tegangan Output Modul LM2596

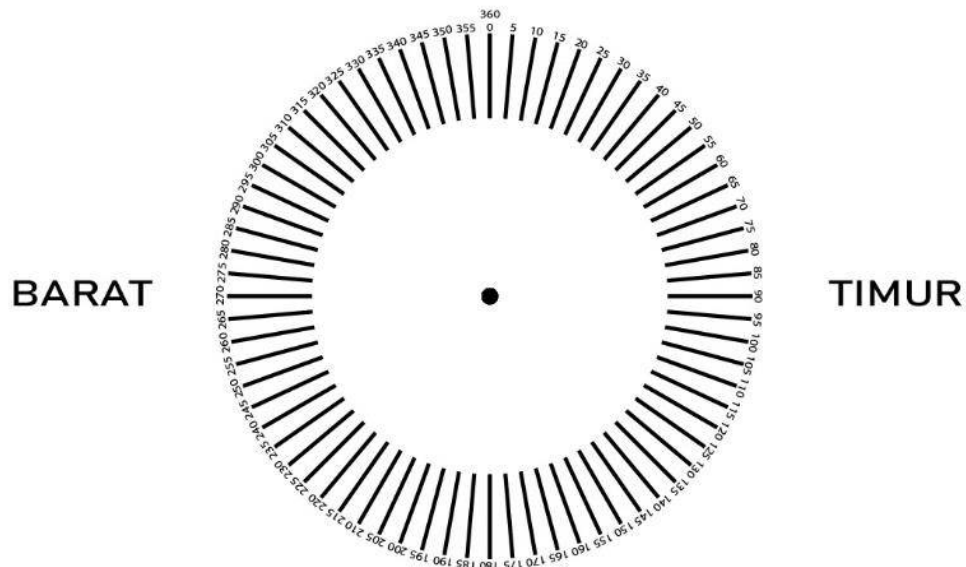


Gambar 4.9 Tegangan *Input* Modul LM2596

4.2 Pembahasan Keseluruhan Sistem

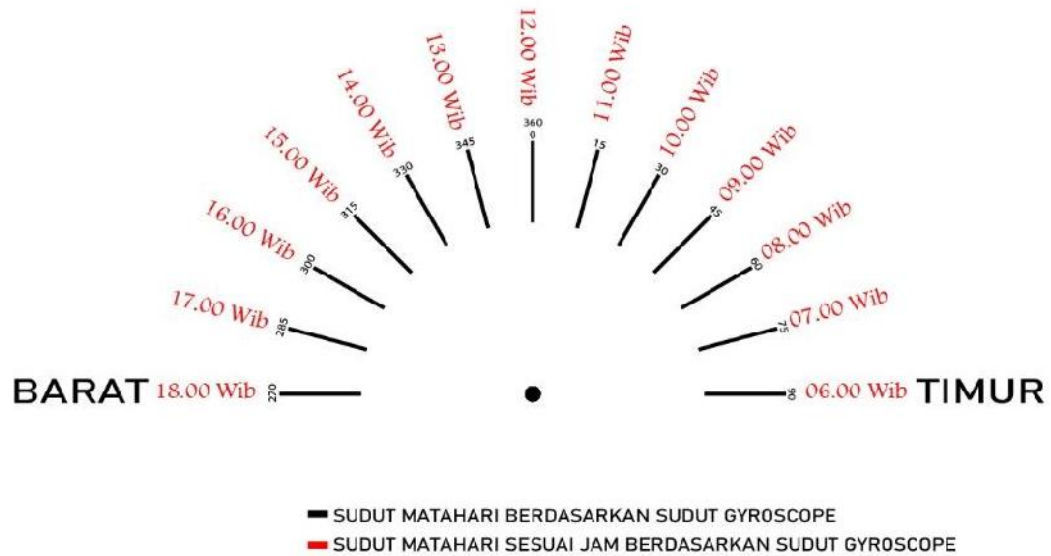
Sistem Monitoring merupakan suatu alat yang memadukan sebuah perpaduan antara perangkat lunak (*software*) yang diimplementasikan dalam program yang tersimpan dalam chip mikrokontroler sebagai pengolahan dan pemrosesan data serta perangkat keras (*hardware*) yang diimplementasikan sebagai prototipe Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Dalam pengujian sistem, pembacaan sudut panel surya berdasarkan sudut sensor Gyroscope. Tampilan sudut Sensor Gyroscope dapat dilihat pada gambar 4.11.

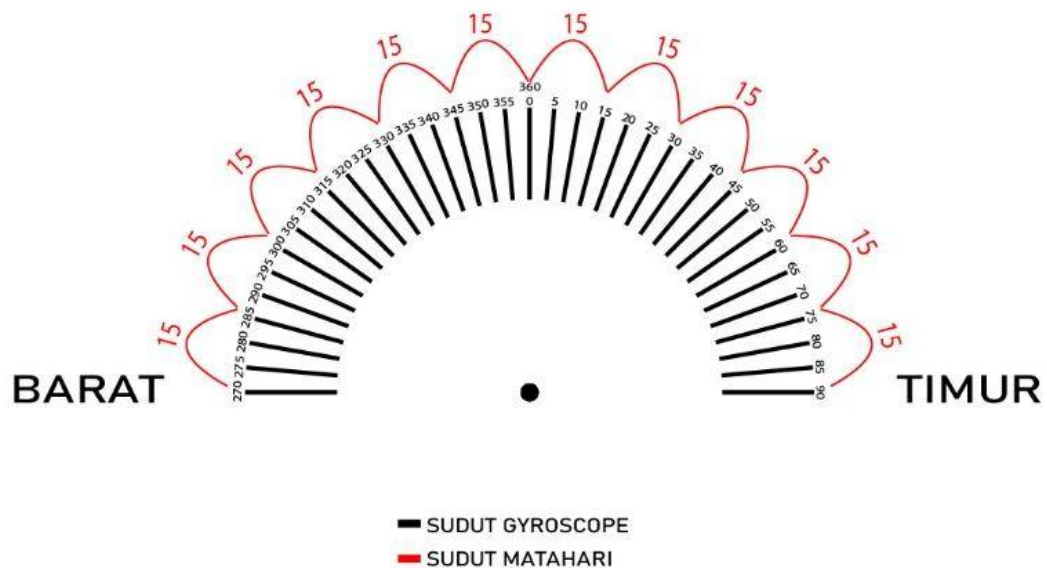


Gambar 4.10 Tampilan Sudut Gyroscope

Pembacaan RTC terhadap sudut matahari dilakukan berdasarkan pembagian waktu dimana matahari rata – rata mulai terbit pada pukul 06.00 wib sudut timur dan rata – rata terbenam pada pukul 18.00 wib sudut barat. Titik awal terbitnya matahari pada pukul 06.00 wib ada pada sudut 90° sensor Gyroscope dan titik akhirnya pada pukul 18.00 wib ada pada sudut 270° sensor Gyroscope. Sudut matahari dibagi menjadi 12 jam dan setiap jamnya sudut matahari berubah 15° . Tampilan pembagian sudut matahari dapat dilihat pada gambar 4.12 dan penyesuaian sudut matahari berdasarkan jam dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.11 Tampilan Pembagian Sudut Matahari



Gambar 4.12 Tampilan Waktu Sudut Matahari

Hasil pengujian sistem sudah dijabarkan di masing - masing komponen dan pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui semua data yang didapat dari keseluruhan sistem. Dalam pengujian keseluruhan sistem dibagi beberapa seperti pengujian sistem dengan beban daya, pengujian sistem tanpa beban daya

dan pengujian daya tahan baterai. Pengujian dilakukan dengan baterai aki (vrla) 12v berkapasitas 7,2 ah. Adapun dalam pengujian, untuk menjaga daya tahan baterai dan siklus hidup baterai maka tegangan *low* atau lemah baterai berada pada tegangan 11,5v dan tegangan tertinggi 13 – 13,5 volt. Data hasil pembacaan keseluruhan komponen akan ditampilkan pada lampiran hasil pengujian sistem keseluruhan yang didalam data tersebut sudah mencakup data hasil pembacaan rtc berupa sudut matahari, data hasil pembacaan sensor gyroscope berupa sudut panel surya, data hasil pembacaan sensor tegangan dc pada solar panel berupa tegangan yang ada panel surya, data hasil pembacaan sensor tegangan dc pada baterai berupa tegangan yang ada pada baterai dan data hasil pembacaan sensor arus berupa data aliran listrik yang ada pada rangkaian. Dalam pengujian keseluruhan sistem, pengujian dilakukan mulai terbitnya matahari pukul 06.00 wib sampai pukul 18.00 wib dan pengujian dilakukan setiap jam sehingga data yang dimasukkan dalam tabel adalah data per jam dari pengujian keseluruhan sistem. Berikut data hasil pengujian keseluruhan sistem.

Tabel 4.3 Pengujian Sistem Monitoring Panel Surya tanpa Beban Daya

WAKTU	SUDUT PANEL SURYA BERDASARKAN GYROSCOPE	SUDUT MATAHARI BERDASARKAN RTC	TEGANGAN PANEL SURYA	TEGANGAN BATERAI	ARUS	VOLUME BATERAI	KONDISI CUACA
WIB	Derajat (°)	Derajat (°)	Volt (V)	Volt (V)	AMPERE (A)	PERSEN (%)	
06.16 - 07.00	45	90 - 74	7	8	0,3	0	BELUM CERAH
07.00 - 08.00	45	75 - 59	7	9	0,4	0	BELUM CERAH
08.00 - 09.00	45	60 - 44	14	12	0,4	45	CERAH
09.00 - 09.59	45	45 - 29	14	12	0,5	60	CERAH
10.00 - 10.59	30	30 - 14	14	12	0,4	60	CERAH
11.00 - 11.59	15	15 - 1	14	12	0,4	65	CERAH
12.00 - 12.59	360	360 - 346	14	12	0,4	70	CERAH
13.00 - 13.59	345	345 - 331	14	13	0,4	75	CERAH
14.00 - 14.59	330	330 - 316	14	12	0,5	65	CERAH
15.00 - 15.59	315	315 - 301	14	12	0,4	65	CERAH
16.00 - 16.59	315	300 - 286	14	12	0,4	55	BERAWAN
17.00 - 17.59	315	300 - 286	14	12	0,4	55	BERAWAN
18.00	315	285 - 270	3	12	0,5	50	BERAWAN

Pengujian sistem monitoring panel surya tanpa beban daya dilakukan pada tanggal 05 November 2019, adapun volume baterai yang digunakan saat memulai pengujian 0%.

Tabel 4.4 Pengujian Sistem Monitoring Panel Surya dengan Beban Daya

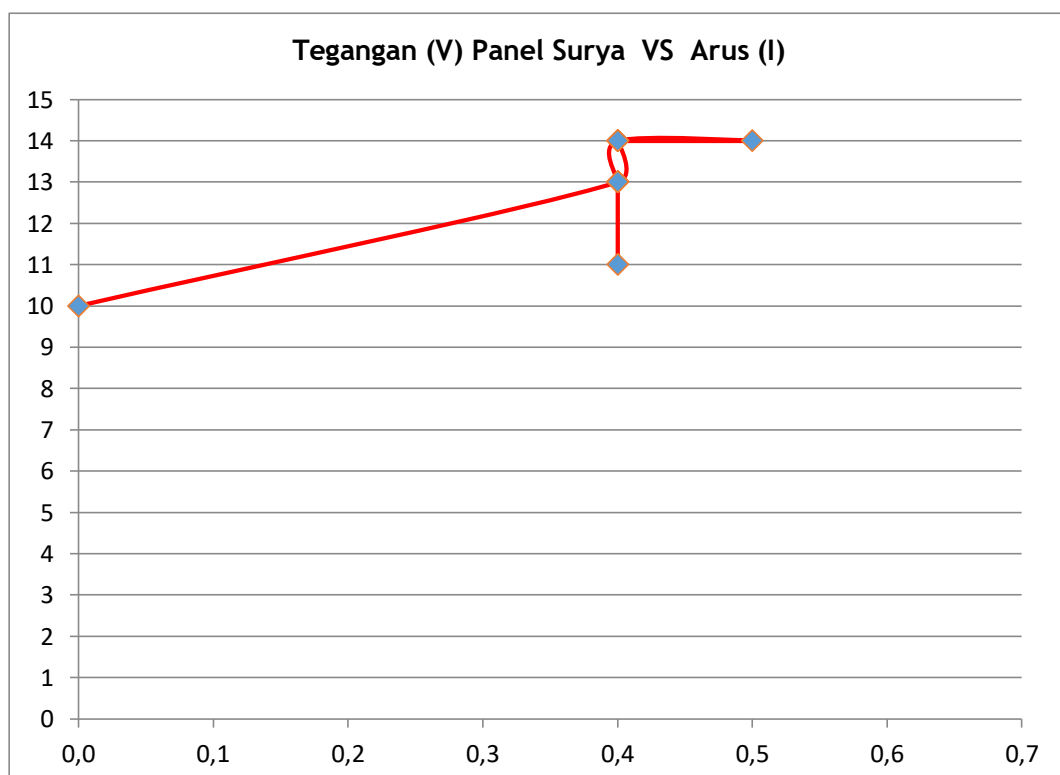
WAKTU	SUDUT PANEL SURYA BERDASARKAN GYROSCOPE	SUDUT MATAHARI BERDASARKAN RTC	TEGANGAN PANEL SURYA	TEGANGAN BATERAI	ARUS	VOLUME BATERAI	KONDISI CUACA
WIB	Derajat (°)	Derajat (°)	Volt (V)	Volt (V)	AMPERE (A)	PERSEN (%)	
06.00 - 07.00	45	90 - 74	10	11	0,0	15	BELUM CERAH
07.00 - 08.00	45	75 - 59	13	11	0,4	15	BELUM CERAH
08.00 - 09.00	45	60 - 44	14	12	0,4	50	CERAH
09.00 - 09.59	45	45 - 29	14	12	0,4	45	BERAWAN
10.00 - 10.59	30	30 - 14	14	12	0,4	45	BERAWAN
11.00 - 11.59	15	15 - 1	14	12	0,5	45	BERAWAN
12.00 - 12.59	360	360 - 346	14	12	0,4	35	BERAWAN
13.00 - 13.59	345	345 - 331	13	12	0,4	30	BERAWAN
14.00 - 14.59	330	330 - 316	13	12	0,4	30	BERAWAN
15.00 - 15.59	315	315 - 301	13	11	0,4	20	BERAWAN
16.00 - 16.59	315	300 - 286	11	13	0,4	5	HUJAN

Pengujian sistem monitoring panel surya dengan menggunakan beban daya dilakukan pada tanggal 03 November 2019 dengan menggunakan beban daya lampu 12v dc 5 watt. Adapun volume baterai yang digunakan saat memulai pengujian sebesar 15%.

Tabel 4.5 Pengujian Daya Tahan Baterai

WAKTU	TEGANGAN BATERAI	ARUS	VOLUME BATERAI
WIB	Volt (V)	Ampere (A)	Persen (%)
11.10	12	0,4	50
11.15	12	0,4	45
11.59	12	0,4	35
12.39	11	0,4	0

Pengujian daya tahan baterai sistem monitoring panel surya dilakukan pada tanggal 06 November 2019 dengan diberikan beban daya lampu 12v dc 5 watt. Adapun volume baterai yang digunakan saat memulai pengujian sebesar 50%.

Grafik 4.1 Tegangan Panel Surya & Arus

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Monitoring Orientator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino Uno”** sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa Sensor Gyroscope dapat bekerja dengan baik. Hasil Sensor Gyroscope dapat dilihat pada tampilan LCD.
2. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa RTC dapat bekerja dengan baik. Hasil RTC dapat dilihat pada tampilan LCD.
3. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa Sensor Tegangan DC dapat bekerja dengan baik. Hasil Sensor Tegangan DC dapat dilihat pada tampilan LCD.
4. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa Sensor Arus dapat bekerja dengan baik. Hasil Sensor Arus dapat dilihat pada tampilan LCD.
5. Dari hasil pengujian LCD berhasil menampilkan sudut panel surya, sudut matahari, tegangan panel surya, tegangan baterai dan arus.
6. Arduino Uno berhasil menjadi pusat pengendali Sistem Monitoring Orientator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran yang ingin disampaikan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem berikutnya.

1. Untuk peningkatan sistem selanjutnya ditambahkan sistem *online* atau aplikasi untuk monitoring sistem selain sms.
2. Kedepannya dapat ditambahkan sensor untuk pendeteksi kerusakan pada rangkaian.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal Fitriandi, Endah Komalasari, Herri Gusmedi. Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway. *ELETRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*.
- Andrian, Yudhi, and Purwa Hasan Putra. "Analisis Penambahan Momentum Pada Proses Prediksi Curah Hujan Kota Medan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network." *Seminar Nasional Informatika (SNIF)*. Vol. 1. No. 1. 2017.
- Arduino. (2018). Retrived From www.arduino.cc
- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Azhar Pratama, (2013). Otomatisasi Perangkat Listrik Rumah Berbasis Openurt Linux. *Jurnal Ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia* Retrived From <http://repository.upi.edu>.
- Batubara, Supina, Sri Wahyuni, and Eko Hariyanto. "Penerapan Metode Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Dalam." *Seminar Nasional Royal (SENAR)*. Vol. 1. No. 1. 2018.
- Batubara, Supina. "Analisis perbandingan metode fuzzy mamdani dan fuzzy sugeno untuk penentuan kualitas cor beton instan." *IT Journal Research and Development* 2.1 (2017): 1-11
- Elektro.
- Fachri, Barany. "Perancangan Sistem Informasi Iklan Produk Halal Mui Berbasis Mobile Web Menggunakan Multimedia Interaktif." *Jurasik (Jurnal Riset Sistem Informasi dan Teknik Informatika)* 3 (2018): 98-102.
- Ginting, G., Fadlina, M., Siahaan, A. P. U., & Rahim, R. (2017). Technical approach of TOPSIS in decision making. *Int. J. Recent Trends Eng. Res*, 3(8), 58-64.

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/6281/Chapter%2520II.pdf>

- Salsabilah Ulfah Tian. (2017). Prototipe Sistem Monitoring Paramater Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Ilmiah Teknik*
- Indra Nugraha. (2018). Rancang Bangun Pengering Pakaian Jenis Jeans Menggunakan Deteksi Kelembaban. *Sistem Komputer STIKOM SURABAYA E-Journal*
- Indra Permana, Aminuddin "Sistem Pakar Mendeteksi Hama Dan Penyakit Tanaman Kelapa Sawit Pada Pt. Moeis Kebun Sipare-Pare Kabupaten Batubara." (2013).
- Khalid Fadhlullah. (2017). Solar Tracking System Berbasis Arduino pada Universitas Islam Negeri Alauddin Makssar. *Teknik Informatika Jurnal Ilmiah*.
- Kris Adhi Gunawan. (2015). Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tanah Sebagai Alat Bantu Penentu Benih Sayuran Yang Akan Dibudidayakan. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*
- Mayasari, Nova. "Comparison of Support Vector Machine and Decision Tree in Predicting On-Time Graduation (Case Study: Universitas Pembangunan Panca Budi)." *Int. J. Recent Trends Eng. Res* 2.12 (2016): 140-151.
- Permana, A. I., and Z. Tulus. "Combination of One Time Pad Cryptography Algorithm with Generate Random Keys and Vigenere Cipher with EM2B KEY." (2020).
- Permana, Aminuddin Indra. "Kombinasi Algoritma Kriptografi One Time Pad dengan Generate Random Keys dan Vigenere Cipher dengan Kunci EM2B." (2019).
- Puspita, Khairani, and Purwa Hasan Putra. "Penerapan Metode Simple Additive Weighting (SAW) Dalam Menentukan Pendirian Lokasi Gramedia Di Sumatera Utara." *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia, ISSN*. 2015.
- Putera, A., Siahaan, U., & Rahim, R. (2016). Dynamic key matrix of hill cipher using genetic algorithm. *Int. J. Secur. Its Appl*, 10(8), 173-180.
- Putra, Randi Rian, and Cendra Wadisman. "Implementasi Data Mining Pemilihan Pelanggan Potensial Menggunakan Algoritma K Means." *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science* 1.1 (2018): 72-77.
- Riki Ruli Siregar, Nurfachri Wardana & Luqman. (2017). Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno. *JETRI Jurnal Ilmiah Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta*.

Siahaan, MD Lesmana, Melva Sari Panjaitan, and Andysah Putera Utama Siahaan.
"MikroTik bandwidth management to gain the users prosperity prevalent." Int. J.
Eng. Trends Technol 42.5 (2016): 218-222.

Wahyuni, Sri. "Implementasi Rapidminer Dalam Menganalisa Data Mahasiswa Drop
Out." Jurnal Abdi Ilmu 10.2 (2018): 1899-1902.