

BAB II

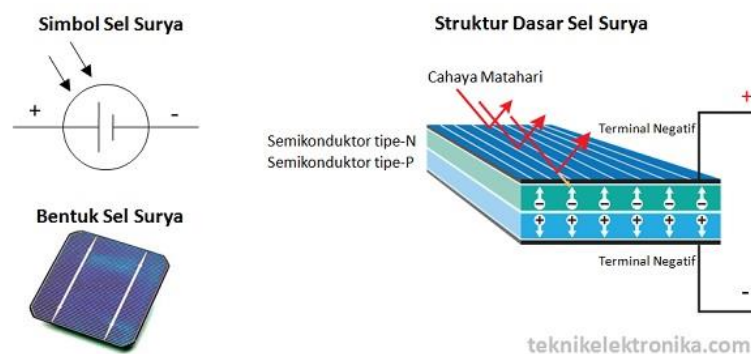
TINJAUAN PUSTAKA

Di bab ini, akan dijelaskan komponen-komponen utama yang digunakan untuk merancang pembuatan alat sistem pengendali energi hibrid berbasis *internet of things* dengan menggunakan ESP32-s serta cara kerjanya.

2.1. Solar Sel

Photovoltaic (PV) adalah suatu sistem atau cara langsung (*direct*) untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem *photovoltaic* bekerja dengan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839. Efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose di bawah energi cahaya.

Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Ketika foton mengenai permukaan suatu sel PV, maka foton tersebut dapat dibiaskan, diserap, ataupun diteruskan menembus sel PV. Foton yang terserap oleh sel PV inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik.



Gambar 2.1 Sel Simbol dan Struktur dasar sel surya

Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic* (PV). Yang dimaksud dengan Efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau *Solar Cell* sering disebut juga dengan Sel *Photovoltaic* .



Gambar 2.2 Sel Surya

(<https://www.greenoptimistic.com/japanese-solar-cell-efficiency-20170325/>)

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (*Photodiode*), Sel Surya atau Solar Cell ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik. Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto (*Photodiode*) yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya, sebuah Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon

mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5 V dan Arus setinggi 0,1 A saat terkena cahaya matahari.

Saat ini, telah banyak yang mengaplikasikan perangkat Sel Surya ini ke berbagai macam penggunaan. Mulai dari sumber listrik untuk Kalkulator, Mainan, pengisi baterai hingga ke pembangkit listrik dan bahkan sebagai sumber listrik untuk menggerakkan Satelit yang mengorbit Bumi kita.

2.2. Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *Windmill*.

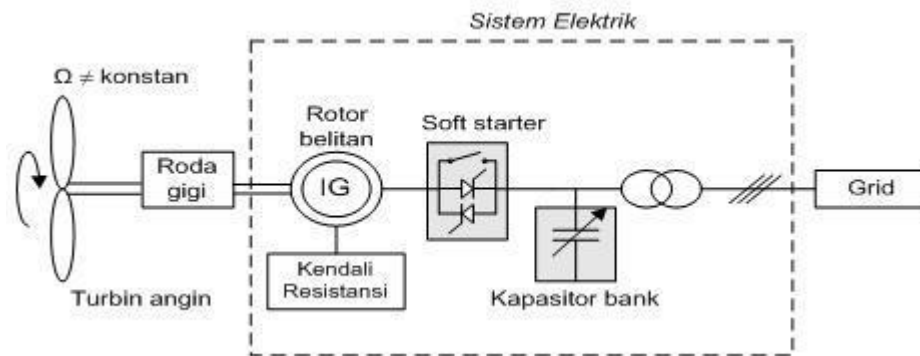


Gambar 2.3 Turbin Angin

Energi angin merupakan salah satu potensi energi terbarukan yang dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kebutuhan energi listrik, khususnya wilayah terpencil. Energi angin dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dengan turbin angin (wind turbine) [2].

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi gerak angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Pembangkit ini dapat mengkonversikan energi angin menjadi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah

satu energi yang tidak terbatas di alam. Untuk lebih jelas mengenai prinsip kerja turbin angin dapat dilihat pada

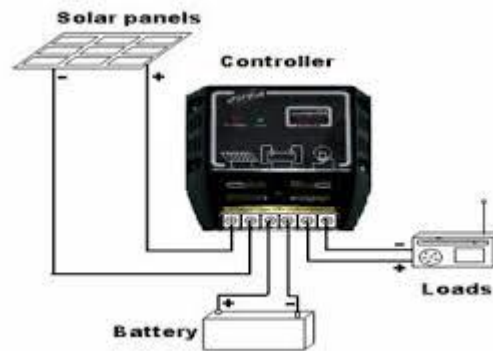


Gambar 2.4 Prinsip kerja turbin angin

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional, turbin angin masih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbarui.

2.3. Charger Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke battery dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge 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.



Gambar 2.5 wiring diagram charger controller

Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, battery akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.



Gambar 2.6 Charger Controller

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur arus untuk pengisian ke battery, menghindari overcharging Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar battery tidak 'full discharge dan overloading.
- b. Monitoring temperatur baterai

Untuk membeli solar charge controller yang harus diperhatikan adalah:

- a. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
- b. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
- c. Full charge dan low voltage cut

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila battery sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge controller akan mengisi battery sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.

Solar 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). Arus listrik DC yang berasal dari battery tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.

Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai 2 input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

2.3.1. Cara Kerja *Charger Controller*

komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Solar charge controller berfungsi untuk:

- a. Charging mode: Mengisi battery (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau battery penuh).
- b. Operation mode: Penggunaan battery ke beban (pelayanan battery ke beban diputus kalau baterai sudah mulai 'kosong').

Charging Mode Solar Charge Controller

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

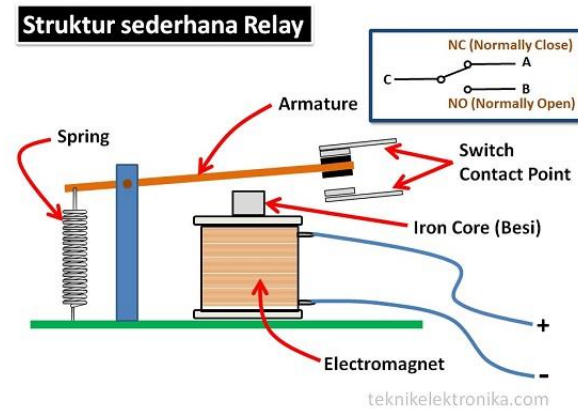
- a. Fase bulk: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (bulk – antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / solar cell. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
- b. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charge controller timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
- c. Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 -13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.

Untuk solar charge controller yang dilengkapi dengan sensor temperatur baterai. Tegangan charging disesuaikan dengan temperatur dari baterai. Dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan juga optimum dari usia baterai.

Apabila solar charge controller tidak memiliki sensor temperatur baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperatur lingkungan dan jenis baterai.

2.4. Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang digerakkan secara elektrik dan menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar yang dapat mengontrol daya tinggi seperti 220 volt dengan kontak menggunakan 5 volt dengan menggerakkan *armature* relay.



Gambar 2.7 mekanisme relay

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

2.5. Baterai

Aki (battery) adalah alat penyimpan energi yang di isi aliran DC dari panel surya, di samping menyimpan tenaga DC, aki juga berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi listrik, pada dasarnya orang hanya mengetahui dua jenis aki yaitu

aki primer dan aki sekunder. Umumnya baterai di gunakan pada peralatan elektronik seperti jam dinding yaitu menggunakan yang primer. Sedangkan sekunder digunakan untuk PLTS, hanya aki sekunder yang diminati. Suplai aliran listrik sumber surya ke alat-alat pemakaian listrik akan berhenti ketika malam hari, supaya bisa tahan lama dari pengisian dan pengeluaran arus yang tak terputus, umumnya aki deep- cycle yang di pakai pada sistem surya. Aki biasa yang terpasang pada mobil tidak cocok di pasang untuk menyimpan aliran listrik dari panel surya.



Gambar 2.8 Battery VRLA
(Panelsuryajakarta.com)

Saat proses pengisian tenaga listrik solar panel di ubah menjadi tenaga listrik di dalam akumulator yang di simpan di dalamnya, pada saat tenaga listrik di dalam akumulator digunakan untuk mencatu energi dari peralatan listrik. Dengan terjadinya proses ini dapat di kenal dengan elemen primer dan sekunder. Contoh baterai yang cocok digunakan yaitu baterai VRLA AGM yang sering kali di sebut dengan aki kering. Baterai ini tertutup, dari tertutupnya sistem baterai ini maka memiliki maka uap yang akan keluar sangat sedikit, maka tidak perlu melakukan penambahan cairan atau elektolyte selama waktu penggunaan baterai ini.

Baterai adalah suatu alat penyimpan energi listrik yang dapat diisi (charge) setelah energi yang digunakan. Kapasitas atau kemampuan menyimpan energi ditentukan oleh semua komponen didalam batere seperti jenis material yang digunakan dan jenis elektrolitnya sehingga dikenal batere asam dan batere alkali. Alat untuk mengisi energi listrik kedalam batere dinamakan rectifier (charging) yang berfungsi mengubah arus bolak-balik menjadi searah dan tegangan outputnya sesuai dengan tegangan batere. Kapasitas rectifier ini ditentukan oleh kapasitas batere, sehingga besarnya arus dan tegangan pengisian serta waktu sangat menentukan kondisi batere. Jika tegangan baik dan sesuai (lebih tinggi dari pada tegangan batere) sehingga arus pengisian dapat mengalir mengisi batere tersebut yang sesuai. Untuk mengetahui apakah batere sudah terisi penuh dan dapat menyimpannya dengan baik maka perlu dilakukan pengukuran kondisi batere dengan cara menguji secara simulasi beban yang dapat diatur sehingga arusnyapun dapat diatur pada arus yang tetap maka tegangan batere akan turun dari nominalnya. Waktu penurunan tegangan dibandingkan dengan karakteristik batere tersebut maka dapat diketahui kondisi batere tersebut, apakah mempunyai kapasitas yang baik atau buruk < 40 %.

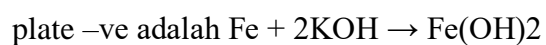
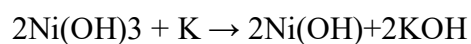
a. Proses Pengisian Baterai

Ketika arus melalui elektrolit KOH sehingga molekul memisahkan diri menjadi ion K^+ dan (OH^-) . Ion (OH^-) bergerak ke plate +ve dan ion K^+ menuju plate -ve.

Jadi plate +ve mengubah ion $2Ni(OH)_3$, begitu juga plate -ve akan merubah Fe. Sebetulnya disini tidak terjadi perubahan komposisi dari elektrolit dan spesifik gravity tetap konstan selama proses pengisian dan pengosongan (charging dan discharging).

b. Proses Pengosongan Baterai

Terjadi proses kebalikan terhadap proses pengisian dimana, plate +ve adalah



c. Efisiensi ampere jam (AH efisiensi)

Efisiensi ini tidak dipengaruhi perubahan tegangan selama pengisian maupun pengosongan. dan besarnya efisiensi pada batere asam antara 90 - 95 % sedangkan batere alkali rata-rata 80 %.

d. Standarisasi

Besarnya arus pengisian adalah :

- Batere Alkali : $0,2 \times C$ ($0,2 \times$ kapasitas batere).
- Batere Asam : $0,1 \times C$ ($0,1 \times$ kapasitas batere)
- Pada operasi floating arus yang mengalir ke batere relatif kecil.

Penjelasan dari standar $0.2 C$ dan $0.1 C$ adalah , bahwa batere akan diberlakukan pengujian pengisian maupun pengosongan dengan rumus arus 0.2 atau 0.1 dari kapasitas batere. Sebenarnya banyak standard yang dapat digunakan, hal ini tergantung pada jenis batere dan karakteristiknya serta spesifikasi dari pabrik. Kapasitas batere dengan satuan AH (ampere hours) ditentukan oleh perencanaan yang direalisasikan pada material yang digunakan dan juga ukuran dari elektrode dan media diantaranya serta jenis eletrolyte.

e. Pengujian Kapasitas Baterai

Kapasitas suatu batere adalah menyatakan besarnya arus listrik (Ampere) batere yang dapat disuplai / dialirkan ke suatu rangkaian luar atau beban dalam jangka waktu (jam) tertentu, untuk memberikan tegangan tertentu Kapasitas batere (Ah) dinyatakan sebagai berikut :

$C = I \times t$ Dimana :

$C =$ Kapasitas batere (Ah)

$I =$ Besar arus yang mengalir (A) $T =$ Waktu (jam).

Pada batere alkali nickel-cadmium (NiCd) umumnya kapasitas batere dinyatakan dalam $C5$ dan untuk batere Asam $C10$.

$C5$ dan $C10$ menyatakan besarnya kapasitas batere dalam Ah yang tersedia

selama 5 jam untuk C5 , dan 10 jam untuk C10.

Pengujian kapasitas batere dilakukan pada :

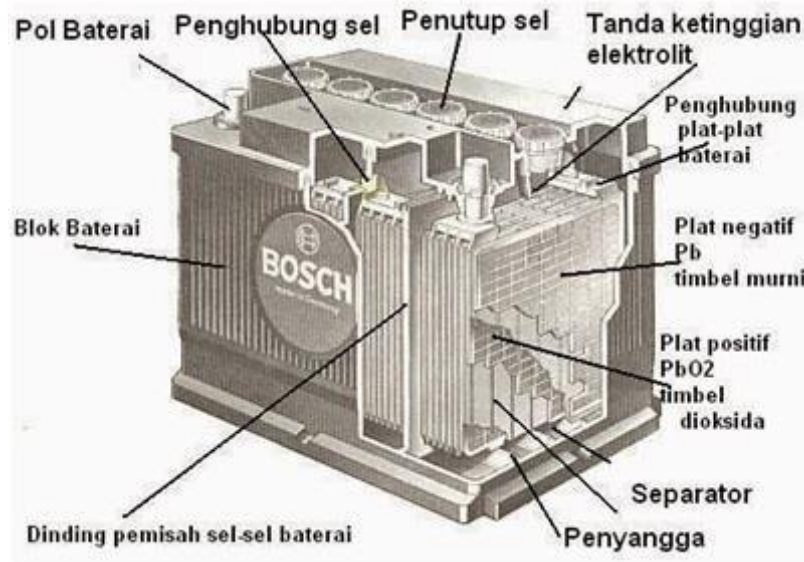
- Saat komisioning batere (Initial Charge)
- 5 tahun setelah operasi.
- Kemudian dilakukan setiap 2 tahun
- Pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui kapasitas batere yang sesungguhnya

2.5.1. Konstruksi Baterai

Di dalam baterai mobil terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat dibuat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah. Ruangan dalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit.

Baterai terdiri dari beberapa komponen antara lain : Kotak baterai, terminal baterai, elektrolit baterai, lubang elektrolit baterai, tutup baterai dan sel baterai. Dalam satu baterai terdiri dari beberapa sel baterai, tiap sel menghasilkan tegangan 2 - 2,2 V. Baterai 6 V terdiri dari 3 sel, dan baterai 12 V mempunyai 6 sel baterai yang dirangkai secara seri.

Tiap sel baterai mempunyai lubang untuk mengisi elektrolit baterai, lubang tersebut ditutup dengan tutup baterai, pada tutup terdapat lubang ventilasi yang digunakan untuk mengalirkan uap dari elektrolit baterai. Tiap sel baterai terdapat plat positif, separator dan plat negatif, plat positif berwarna coklat gelap dan plat negatif berwarna abu-abu metalik.



Gambar 2.8 Arsitektur Baterai (aki)

(Panelsuryajakarta.com)

2.6. Inverter

Power Inverter atau biasanya disebut dengan *Inverter* adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik DC (*direct Current*) menjadi arus AC (*alternative Current*) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*).



Gambar 2.9 Inverter DC to AC

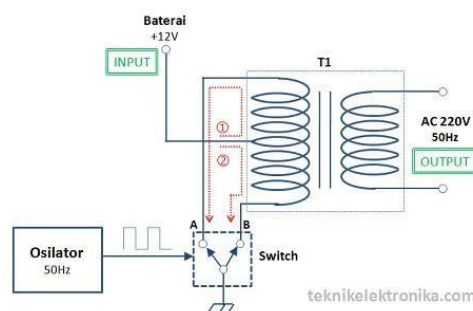
(teknikelektronika.com)

Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan Tegangan Output sekitar 120V atau 240V. Output Daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt, sudah banyak macam dan jenis inverter yang di jual.

2.7.1 Prinsip kerja Inverter

Sederhananya, suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (Switch) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10 Inverter DC diagram

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke Center Tap (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (switch) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke ground melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator hingga ke ground melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar diatas,

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (Switch) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai Switch di rangkaian Switch Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

2.7. *Microcontroller* NODEMCU ESP32

2.7.1. Mikrokontroler

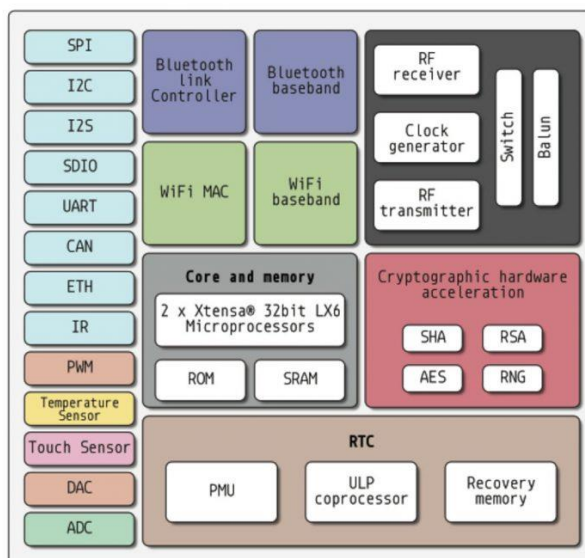
Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan output yang spesifik berdasarkan input yang diterima dan program yang dikerjakan. Seperti umumnya komputer, mikrokontroler sebagai alat yang mengerjakan perintah-

perintah yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem komputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang programmer. Program ini memerintahkan komputer untuk melakukan jalinan yang panjang dari aksi-aksi sederhana untuk melakukan tugas yang lebih kompleks yang diinginkan oleh programmer. Sistem dengan mikrokontroler umumnya menggunakan piranti input yang jauh lebih kecil seperti saklar atau keypad kecil. Hampir semua input mikrokontroler hanya dapat memproses sinyal input digital dengan tegangan yang sama dengan tegangan logika dari sumber. Tegangan positif sumber umumnya adalah 5 volt. Padahal dalam dunia nyata terdapat banyak sinyal analog atau sinyal dengan tegangan level (Andy, 2012)

2.7.2. NODEMCU ESP32-S

NODEMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *system on chip* ESP32, juga *firmware* yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting* Lua. Istilah NODEMCU secara *default* sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*.

NODEMCU ESP32 merupakan sebuah perangkat keras berupa mikrokontroler chip terintegrasi dengan input dan output sehingga dapat memberikan kontrol beban dengan sinyal analog maupun digital.

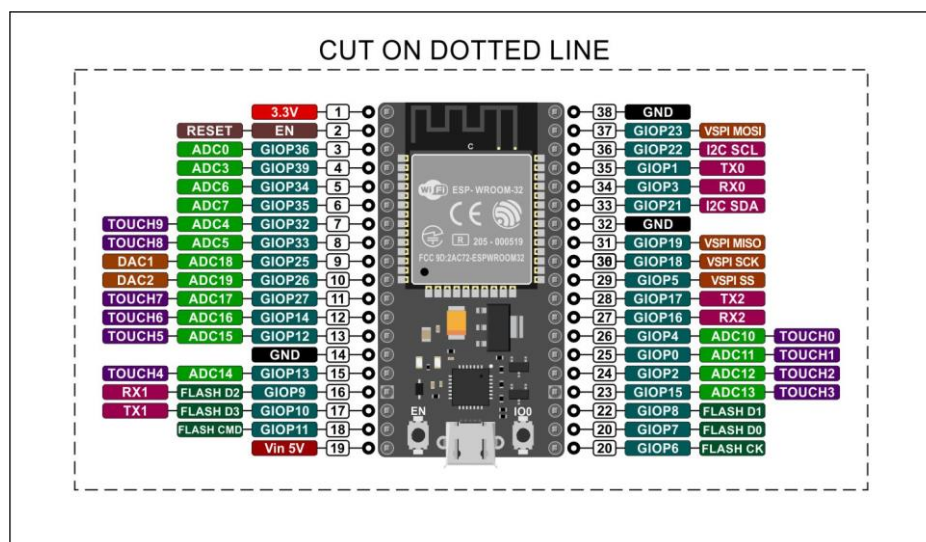


Gambar 2.11 Block Diagram ESP-32

(embeddednesia.com)

Terdapat 36 pin GPIO yang bisa difungsikan sebagai berikut, termasuk

- Analog to Digital Converter (ADC) : 16 kanal SAR ADC 12 bit. Rentang ADC bisa diatur di dalam program, apakah 0-1 V, 0-1.4 V, 0-2V atau 0-4V.
- Digital to Analog Converter (DAC) : terdapat DAC 8 bit yang bisa menghasilkan tegangan analog.
- Pulse Width Modulation (PWM) : 16 kanal PWM yang bisa digunakan untuk mengendalikan LED atau motor.
- Touch Sensor : 10 GPIO memiliki kemampuan pengindera kapasitif yang dapat digunakan sebagai 10 tombol buttonpad.
- UART : 2 kanal antarmuka UART. Satu diantaranya digunakan untuk mendownload program secara serial.
- I2C, SPI, I2S : Terdapat dua antarmuka I2C dan 4 antarmuka SPI untuk mengakses sensor dan perangkat ditambah lagi 2 antarmuka I2S.



Gambar 2.12 Pin Out Module ESP-32S

(forum.fritzing.org)

2.8. Sensor Arus (ACS712)

Sensor arus ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.



Gambar 2.13 Sensor Arus ACS712

1. Berbasis ACS712 dengan fitur:

- Waktu kenaikan perubahan luaran = 5 μ s.
- Lebar frekuensi sampai dengan 80 kHz.
- Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.
- Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
- Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin1-4 dan pin 5-8.
- Sensitivitas luaran 185 mV/A.
- Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
- Tegangan luaran proporsional terhadap masukan arus AC atau

DC.

2. Tegangan kerja 5 VDC.
3. Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran.

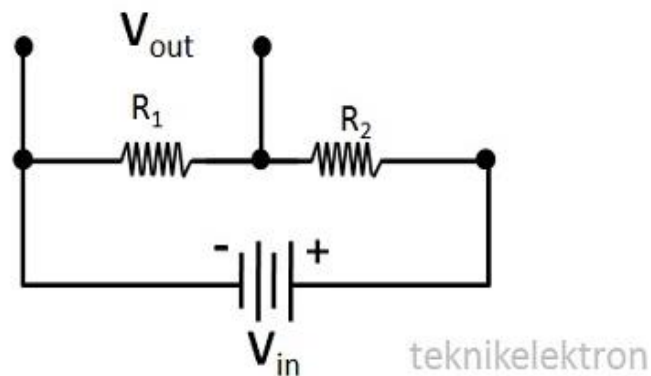
Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *offset* rendah linier medan dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transduser medan secara berdekatan.

Tabel 2.1 Fungsi pin Sensor Arus ACS712

Pin Sensor	Fungsi
IP +	Terminal Input untuk arus AC atau DC
IP -	Terminal Input untuk arus AC atau DC
GND	<i>Ground</i>
FILTER	Terminal kapasitor sebagai filter pembatas <i>bandwith</i>
OUTPUT	Terminal keluaran tegangan output berupa sinyal analog
VCC	Sumber 5v untuk tegangan masukan sensor

2.9. Sensor Tegangan

Sensor tegangan pada proyek kali ini menggunakan prinsip pembagi tegangan. Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari Pembagi Tegangan di Rangkaian Elektronika adalah untuk membagi Tegangan Input menjadi satu atau beberapa Tegangan Output yang diperlukan oleh Komponen lainnya didalam Rangkaian. Hanya dengan menggunakan dua buah Resistor atau lebih dan Tegangan Input, mampu membuat sebuah rangkaian pembagi tegangan yang sederhana.



Gambar 2.14 Rangkaian pembagi tegangan

Pada ESP32-S yang dipakai dalam proyek ini, tegangan kerja input maupun output adalah 3.3 Volt. Oleh sebab itu output yang dihasilkan tidak melebihi tegangan kerja tersebut.

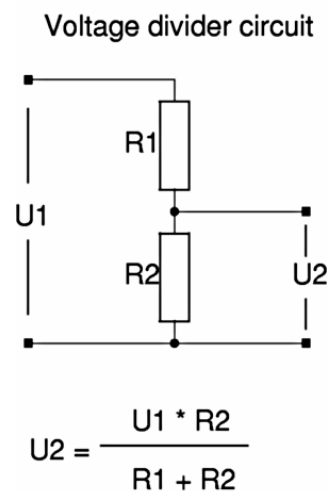
2.9.1. Dasar Teori Pembagi Tegangan (*Volt Divider*)

Dalam mengkonversi tegangan penulis menggunakan teori thevenin, untuk mengubah tegangan +12 V menjadi ± 5 V dan agar bisa di proses ke mikrokontroler.

Menurut Eggleston (2011:55) Teorema Thevenin adalah sebuah metode yang mengubah sirkuit AC bilateral linier menjadi sumber tegangan AC tunggal dalam seri dengan imoedansi setara. Mengakibatkan jaringan dua terminal akan

setara bila terhubung untuk setiap cabang eksternal atau komponen. Jika sirkuit asli berisi unsur reaktif, rangkaian ekuivalen Thevenin akan berlaku hanya pada frekuensi di mana reaktansi ditentukan.

Dari teori diatas didapatkan rumus pembagi tegangan seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.15 Rangkaian volt divider beserta rumus

2.10. *Analog To Digital Converter (ADC)*

ADC (*Analog To Digital Converter*) adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Perangkat ADC (*Analog To Digital Conversion*) dapat berbentuk suatu modul atau rangkaian elektronika maupun suatu chip IC. ADC (*Analog To Digital Converter*) berfungsi untuk menjembatani pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital.

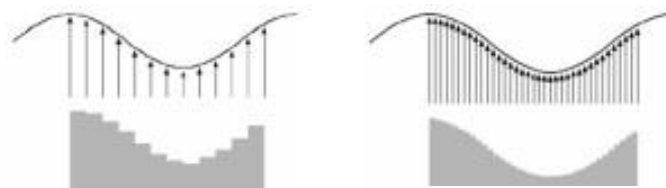
Converter adalah alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi analog ke digital (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital.

Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer).

ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi.

1. Kecepatan Sampling ADC

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second (SPS)*. Gambar 2.15 merupakan ilustrasi kecepatan sampling ADC.



ADC dengan kecepatan sampling rendah ADC dengan kecepatan sampling tinggi

Gambar 2.16 Ilustrasi Kecepatan Sampling ADC
(Khalid, 2014)

2. Resolusi ADC

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki *output* 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

2.10.1. Prinsip Kerja ADC

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. contohnya, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum

255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

2.11. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang berfungsi dalam pengendalian dan perancangan program di dalam *development board*. secara harfiah berarti arduino IDE mempunyai bahasanya sendiri yang menyerupai bahasa C.

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari software [Processing](#) yang dirombak menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman dengan Arduino.



Gambar 2.17 tampilan dari Software Arduino IDE
(*Sinauarduino.com*)

Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sebagai *sketch*. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi *.ino*. Teks editor pada Arduino Software memiliki banyak fitur

seperti *cutting/paste* dan *seraching/replacing* sehingga memudahkan kamu dalam menulis kode program.