

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Sumber Daya Energi di Indonesia

Energi baru adalah energi yang dikembangkan dari bahan – bahan yang dapat diperbarui secara cepat dan efek yang dihasilkan tidak merusak lingkungan. Indonesia sebagai negara yang besar, Mempunyai banyak sekali sumber – sumber energi alternatif yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Sampai saat ini Indonesia masih mengandalkan bahan bakar dari fosil sebagai sumber utama, baik untuk kendaraan, Industri, Pembangkit listrik, Atau lainnya.

Menipisnya sumber daya energi tidak terbarukan, maka dikembangkanlah penemuan energi yang bersumber energi terbarukan, seperti tenaga air, panas bumi, mikrohidro, biomassa, matahari dan angin. Sumber – sumber energi terbarukan pada umumnya tersedia di berbagai lokasi, sehingga cukup baik untuk dimanfaatkan pada daerah – daerah yang masih sulit terjangkau oleh pasokan energi konvensional. Energi terbarukan menjadi solusi dari menurunnya sumber daya tidak terbarukan dikarenakan relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, dan tidak menghasilkan limbah.

Pengembangan pemanfaatan sumber daya energi terbarukan ini bukan berarti terbebas dari segala kendala. Kendala yang menghambat pengembangan energi terbarukan bagi produksi energi listrik, seperti biasa investasi pembangunan yang tinggi menimbulkan masalah finansial pada penyediaan modal awal dan komunitas penyediaan energi listrik rendah, karena sumber daya energinya sangat bergantung pada kondisi alam yang perubahannya tidak menentu. Energi terbarukan dapat dimanfaatkan dimana saja sesuai dengan kebutuhan meskipun masih terjangkau oleh jaringan dari PLN.

(Faisal, 2017)

Ketersediaan energi terbarukan juga tidak kontinu terhadap waktu sehingga perlu dilakukan penyimpanan energi atau kombinasi antara sumber – sumber energi tersebut. Laporan akhir ini dibuat dengan mengkombinasikan sumber

energi yang dilakukan di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. Diaman dikombinasikan dua sumber pembangkit energi listrik disebut juga pembangkit listrik Hibrid, yang digunakan adalah sumber energi angin dan matahari dengan Anemometer sensor pada sistem Switching Smart Grid yang menggunakan mikrokontroller.

Energi Angin

Energi angin adalah salah satu jenis sumber energi terbarukan yang potensial untuk menghasilkan energi listrik maupun mekanik melalui proses konversi ke mekanik dan selanjutnya ke listrik. Energi kinetik yang terdapat pada angin dapat diubah menjadi energi mekanik untuk memutar peralatan (pompa piston, penggilingan, dan lain-lain). Sementara itu, pengolahan selanjutnya dari energi mekanik yaitu untuk memutar generator yang dapat menghasilkan listrik. Kedua proses perubahan ini disebut konversi energi angin; sedangkan sistem atau alat yang melakukannya disebut Sistem Konversi Energi Angin. Selanjutnya, untuk menghasilkan listrik disebut turbin angin; dan untuk komponen mekaniknya disebut kincir angin. Sekarang ini, pemanfaatan energi angin yang lebih umum yakni dalam bentuk energi listrik, sementara bentuk energi mekanik atau yang lebih dikenal sebagai pemanfaatan langsung mulai berkurang.

2.1.2 Energi Surya atau Matahari

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km² adalah sebesar 5,10 mW atau 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 gWp yang didistribusikan.

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri dari atas foton atau partikel energi surya yang di konversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi tersebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan

kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata – rata nilai radiasi atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 – 5 jam per hari.

Efisiensi pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya dibutuhkan perencanaan yang baik dan akurat yaitu :

- a) Jumlah daya yang akan dibutuhkan perencanaan dalam pemakaian sehari – hari (*watt / hour*).
- b) Jumlah Panel yang harus dipasang.

Berapa unit Baterai yang diperlukan untuk kapasitas yang diinginkan dan penggunaan tanpa sinar matahari

2.2 Pembangkit Listrik

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS adalah pembangkit listrik yang sering digunakan di skala rumahan. Prinsip kerja dari pembangkit listrik tenaga surya adalah memanfaatkan panel surya atau solar cell untuk menyimpan energi listrik dari panas ke dalam baterai. Energi listrik tersebut dapat digunakan sewaktu-waktu saat dibutuhkan.



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya
(Zulfakar, 2006)

2.2 Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik adalah bagian dari alat industri yang dipakai untuk memproduksi dan membangkitkan tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga. Pembangkit listrik biasanya berupa generator, yakni mesin yang berputar yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan dengan menggunakan berbagai sumber energi yang sangat bermanfaat dalam suatu pembangkit listrik.

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau PLTS adalah pembangkit listrik yang sering digunakan di skala rumahan. Prinsip kerja dari pembangkit listrik tenaga surya adalah memanfaatkan panel surya atau *solar cell* untuk menyimpan energi listrik dari panas ke dalam baterai. Energi listrik tersebut dapat digunakan sewaktu-waktu saat dibutuhkan.



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(Zulfakar, 2006)

2.2.1.1 Komponen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Agar terciptanya sistem PLTS yang baik, maka diperlukan komponen-komponen berikut:

a. Panel Surya

Sel surya atau panel surya adalah alat yang digunakan untuk menyerap dan mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Didalam sinar matahari terkandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik. Peristiwa ini disebut sebagai peristiwa *Fotovoltaic* atau *fotoelektrik*.

Tipe panel surya ada dua macam, yaitu :

1. Panel Surya Tipe Polikristalin

Panel poly-kristal terbuat dari kristal silikon *block cast*. Hal ini menciptakan efek logam serpihan pada panel. Elektron dapat terjebak dalam batas butir kristal antara kristal individu dalam sebuah panel *polykristal*, ini menyebabkan lebih rendah rating efisiensi. Peringkat efisiensi khas untuk panel polikristalin adalah sekitar 13.5 % pada 25 *celsius*.

Tipe ini memerlukan luas penampang yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristalin untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Kelebihan tipe *poly* ini adalah panel surya masih dapat mengkonversikan energi yang lebih tinggi pada cuaca yang berawan jika dibandingkan dengan tipe panel Monokristalin.

2. Panel Surya Tipe Monokristalin

Panel monokristalin terbuat dari kristal silikon tunggal, baik yang ditemukan secara alami atau tumbuh di laboratorium. Proses ini disebut *recrystallising*, sehingga membuat panel monokristal lebih mahal untuk diproduksi. Panel Monokristalin memiliki efisiensi khas sekitar 12 sampai 25% dengan suhu 50%.

Panel monokristalin dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi daya listrik besar pada tempat beriklim tropis. Kelemahan panel ini adalah tidak berfungsi dengan baik jika tempat cahaya matahari kurang.

Dibawah ini merupakan gambar dari panel surya tipe polikristalin dan monokristalin.



Gambar 2.2 (a) Panel Surya Polikristalin
(b) Panel Surya Monokristalin
(Faisal, 2017)

b. *Solar Charge Controller (SCC)*

Solar charge controller (SCC) adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya kedalam baterai (Aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, TV dan lain-lain. Pada umumnya terdapat 6 terminal pada sebuah SCC, 2 terminal untuk arus dari panel surya dua terminal untuk menghubungkannya pada aki, dan dua terminal lainnya untuk penggunaan.

Dengan adanya *solar charge controller* maka energi listrik yang telah dihasilkan oleh sel surya akan otomatis akan diisikan pada aki dan menjaga aki agar tetap dalam kondisi baik. Kemudian dari SCC juga energi dari sel surya dapat digunakan langsung. Di bawah ini adalah gambar dari SCC.



Gambar 2.3 Solar Charge Controller (SCC)

(Faisal, 2017)

Ada dua tipe *solar charge* yaitu yang menggunakan teknologi *pulse width modulation* (PWM), dan *maximum power point tracking* (MPPT).

1. Solar Charge Controller PWM

SCC PWM akan melakukan pengisian muatan listrik kedalam baterai dengan arus yang besar ketika baterai kosong dan kemudian arus pengisian diturunkan secara bertahap ketika baterai semakin penuh.

Misalnya panel surya mempunyai tegangan output sekitar 18 Volt, masuk ke SCC yang mempunyai tegangan output antara 14,2 – 14,5 volt untuk pengisian baterai 12 volt. Dengan demikian akan terdapat kelebihan tegangan sekitar $18 - 14,5 = 3,5$ Volt.

2. Solar Charge Controller MPPT

SCC MPPT lebih efisien dalam mengonversi DC ke DC. MPPT mengambil *maximum* daya dari PV. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban kedalam baterai dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

Misalnya panel surya ukuran 120 watt memiliki karakteristik *maximum power* 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 arus yang bisa diberikan adalah sekitar 120 *watt* : 12.4 *V* = 9.68 *ampere*.

c. Baterai

Baterai adalah alat untuk menyimpan muatan listrik. Jadi, pada saat sel surya mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik, energi listrik tersebut kemudian disimpan pada baterai yang kemudian akan digunakan. Di bawah ini adalah gambar baterai (accu).

Secara harfiah berarti baterai. Baterai merupakan sekumpulan sel-sel kimia yang masing-masing berisi dua *electron* logam yang dicelupkan dalam larutan penghantar yang disebut elektrolit. Akibat reaksi-reaksi kimia antara konduktor-konduktor dan elektrolit satu elektroda anoda bermuatan positif dan lainnya, katoda ,menjadi bermuatan negatif. Baterai memiliki fungsi sebagai media penyimpan dan penyedia energi listrik. Sumber listrik yang digunakan sebagai pembangkit power dalam bentuk arus searah (DC). Alat ini digunakan pada alat elektronika, misalnya radio.

Sebuah kaleng yang berisi penuh bahan-bahan kimia yang dapat memproduksi *electron* disebut baterai. Reaksi kimia yang dapat menghasilkan *electron* disebut dengan Reaksi Elektrokimia. Baterai memiliki dua terminal. Terminal pertama bertanda Positif (+) dan terminal Kedua bertanda negatif (-). Elektron-elektron di kumpulkan pada kutub negatif. Jika kita menghubungkan kabel antara kutub negatif dan kutub positif, maka *elektron* akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif dengan cepatnya. Kecepatan dari proses ini (*elektron*, sebagai hasil dari elektrokimia) mengontrol seberapa banyak *elektron* dapat mengalir diantara kedua kutub.

Elektron mengalir dari baterai ke kabel dan tentunya bergerak dari kutub negatif ke kutub positif tempat dimana reaksi kimia tersebut sedang berlangsung. Dan karena hal tersebut baterai bisa bertahan lama. Selama tidak terjadi reaksi kimia atau selama kita tidak menghubungkannya dengan kabel atau sejenis *Load* lain maka baterai akan tetap dapat bertahan lama.

1.2 Prinsip Kerja Baterai

Elemen kering atau baterai adalah sumber tegangan yang dapat lebih lama mengalirkan arus listrik daripada elemen Volta. Elemen kering dibuat pertama kali pada tahun 1866, kimiawan Perancis oleh George Leclanche. Elemen kering ini terdiri atas Zn yang berbentuk bejana dan logam dalam Zn ini dilapisi karbon (batang arang). Karena batang arang memiliki potensial lebih tinggi daripada Zn, maka batang arang sebagai anoda, sedangkan Zn sebagai katoda.

Di bagian dalam elemen kering ini terdapat campuran antara salmiak atau amonium klorida (NH_4Cl) serbuk arang dan batu kawi atau mangan dioksida (MnO_2). Campuran ini berbentuk pasta yang kering. Karena elemen ini menggunakan larutan elektrolit berbentuk pasta yang kering maka disebut elemen kering, yang terdiri atas sedikit air dan di tengah pasta terdapat batang karbon yang merupakan elektrode inert (sukar bereaksi). Pada elemen kering, NH_4Cl sebagai larutan elektrolit dan MnO_2 sebagai depolarisator.

Kegunaan depolarisator yaitu dapat meniadakan polarisasi. Sehingga arus listrik pada elemen kering dapat mengalir lebih lama sebab tidak ada gelembung-gelembung gas. Arus listrik pada baterai mengalir searah dan terjadi bila kutub positif dihubungkan dengan kutub negatif. Oleh sebab itu aliran baterai dinamakan *Direct Current* (DC). Proses kerjanya adalah dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kima, Redoks (Reduksi – Oksidasi). Terdapat 2 proses yang terjadi pada baterai yaitu:

1. Proses Pengisian : Proses pengubahan energi listrik menjadi energi kimia.
2. Proses Pengosongan : Proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik

1.3 Kelebihan dan Kelemahan Baterai

Segala sesuatu di dunia ini pasti ada kelebihan dan kekurangannya, termasuk baterai. Kelebihan dan kekurangan baterai adalah sebagai berikut :

a) Kelebihan Baterai

- Dapat menyimpan energi listrik

- Bentuknya bervariasi, bias dipilih sesuai kebutuhan
- Fortable (mudah dibawa)
- Harganya terjangkau
- Bisa didapatkan dimana-mana

b) Kelemahan Baterai

- Kapasitas terbatas
- Tidak bisa digunakan sebagai suplay utama listrik
- Tidak bisa ditransmisikan
- Tidak bias untuk tegangan tinggi
- Sifatnya searah



Gamabar 2.4 ACCU (Aki)

(Faisal, 2017)

d. Inverter

Inverter adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus DC dari sel surya dan baterai menjadi arus AC dengan tegangan 220 *Volt* yang kemudian akan digunakan pada listrik komersial seperti lampu dan televisi.

Alat ini diperlukan untuk PLTS karena menyangkut instalasi kabel yang banyak dan panjang. Apabila beban bukan untuk instalasi rumah, misalnya hanya untuk menghidupkan satu lampu atau alat dengan voltase 12 *Volt Direct current* (VDC) dan tidak menggunakan kabel yang panjang seperti penerangan jalan umum *inverter* tidak diperlukan.

Apabila jumlah beban banyak dan kabel panjang dan tetap menggunakan tegangan 12 Volt DC tanpa menggunakan *inverter* maka adak terdapat rugi-rugi daya dan listrik yang hilang (*losses*). Selain itu penggunaan inverter dirasa penting karena akan mengubah arus menjadi arus yang sama pada PLN sehingga tidak perlu memodifikasi kembali instalasi yang ada dirumah.

Inverter terbaik dalam mengaplikasikan solar sel sistem adalah Inverter *pure sine wave* yang mempunyai bentuk gelombang sineus murni seperti listrik dari PLN. Bentuk gelombang ini merupakan bentuk paling ideal untuk peralatan elektronik pada umumnya sehingga tidak akan menyebabkan kerusakan. Di bawah ini adalah gambar *inverter*.



Gambar 2.5 Inverter

(Faisal, 2017)

2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga 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*. 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. Saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), namun turbin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak dapat diperbaharui (Contoh: batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

2.2.2.1 Komponen Turbin Angin

Agar turbin angin dapat bekerja dengan baik, berikut adalah komponen-komponen yang terdapat pada turbin angin.

- a. **Anemometer** : Mengukur kecepatan angin dan mengirimkan data kecepatan angin ke pengontrol.
- b. **Blades** : Kebanyakan turbin baik dua atau tiga pisau. Angin bertiup di atas menyebabkan pisau pisau untuk "mengangkat" dan berputar.
- c. **Brake** : Sebuah cakram rem, yang dapat diterapkan dalam mekanik, listrik, hidrolis atau untuk menghentikan rotor dalam keadaan darurat.
- d. **Controller** : pengontrol mesin mulai dengan kecepatan angin sekitar 8-16 mil per jam (mph) dan menutup mesin turbin sekitar 55 mph. tidak beroperasi pada kecepatan angin sekitar 55 mph di atas, karena dapat rusak karena angin yang kencang.
- e. **Gear box** : Gears menghubungkan poros kecepatan tinggi di poros kecepatan rendah dan meningkatkan kecepatan sekitar 30-60 rotasi per menit (rpm), sekitar 1000-1800 rpm, kecepatan rotasi yang diperlukan oleh sebagian besar generator untuk menghasilkan listrik. *gearbox* adalah bagian mahal (dan berat) dari turbin angin dan insinyur generator mengeksplorasi "*direct-drive*" yang beroperasi pada kecepatan rotasi yang lebih rendah dan tidak perlu kotak gigi.
- f. **Generator** : Biasanya standar induksi generator yang menghasilkan listrik dari 60 siklus listrik AC.
- g. **High-speed shaft** : *drive* generator

- h. **Low-speed shaft** : Mengubah poros rotor kecepatan rendah sekitar 30-60 rotasi per menit.
- i. **Nacelle** : *nacelle* berada di atas menara dan berisi *gear box*, poros kecepatan rendah dan tinggi, generator, kontrol, dan rem.
- j. **Pitch** : Blades yang berbalik, atau nada, dari angin untuk mengontrol kecepatan rotor dan menjaga rotor berputar dalam angin yang terlalu tinggi atau terlalu rendah untuk menghasilkan listrik.
- k. **Rotor** : pisau dan terhubung bersama-sama disebut rotor.
- l. **Tower** : Menara yang terbuat dari baja tabung (yang ditampilkan di sini), beton atau kisi baja. Karena kecepatan angin meningkat dengan tinggi, menara tinggi memungkinkan turbin untuk menangkap lebih banyak energi dan menghasilkan listrik lebih banyak.
- m. **Wind direction** : Ini adalah turbin "pertama", yang disebut karena beroperasi melawan angin. turbin lainnya dirancang untuk menjalankan "melawan arah angin," menghadap jauh dari angin.
- n. **Wind vane** : Tindakan arah angin dan berkomunikasi dengan *yaw drive* untuk menggerakkan turbin dengan koneksi yang benar dengan angin.
- o. **Yaw drive** : digunakan untuk menjaga rotor menghadap ke arah angin sebagai perubahan arah angin.
- p. **Yaw motor** : kekuatan *drive yaw*.



Gambar 2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

(Neuha,labs, 2016)

2.2.2.2 Cara Kerja Turbin Angin

Energi angin memutar turbin angin. Kemudian angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator di bagian belakang turbin angin. Generator mengubah energi gerak menjadi energi listrik dengan teori medan elektromagnetik, yaitu poros pada generator dipasang dengan material ferromagnetik permanen.

Setelah itu di sekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang membentuk *loop*. Ketika poros generator mulai berputar maka akan terjadi perubahan fluks pada stator yang akhirnya karena terjadi perubahan *fluks* ini akan dihasilkan tegangan dan arus listrik tertentu.

Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan listrik untuk akhirnya digunakan oleh masyarakat. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini berupa AC (*alternating current*) yang memiliki bentuk gelombang kurang lebih sinusoidal. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

2.3 Anemometer

Anemometer merupakan jenis alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang digunakan dalam bidang meteorologi dan geofisika seperti BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika). Secara etimologi, alat ini berasal dari bahasa Yunani, yaitu ‘anemos’ yang berarti angin. Perancang pertama alat ini adalah Leon Batista Alberti pada tahun 1450.

Secara umum alat ini terdiri dari *velocity* anemometer dan anemometer tekanan. Jika *velocity* anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin, maka termometer tekanan berfungsi untuk mengukur tekanan angin. Gambar 2.7 di bawah ini adalah gambar anemometer,



Gambar 2.7 Anemometer

(Neuha, labs. 2016)

2.3.1 Cara Kerja Anemometer

Pada saat tertiup angin, maka baling-baling atau mangkuk yang terdapat pada anemometer akan bergerak sesuai dengan arah mata angin. Semakin besar kecepatan angin meniup, maka semakin cepat pula perputaran dari baling-baling tersebut. Berdasarkan jumlah perputaran per detiknya, maka akan diketahui jumlah dari kecepatan anginnya. Pada anemometer terdapat bagian alat pencacah yang berfungsi menghitung jumlah kecepatan angin. Hasilnya akan dicatat, kemudian akan disesuaikan dengan Skala *Beaufort c*.

Anemometer terdiri atas beberapa jenis antara lain, anemometer dengan tiga atau empat mangkuk dan anemometer termal. Pada anemometer dengan jumlah tiga atau empat mangkuk memiliki sensor yang dipasang pada posisi jari-jari yang berpusat pada sebuah sumbu vertikal atau pun pada semua mangkuk yang ada dan terpasang pada poros vertikal. Sedangkan pada anemometer termal, sensor digunakan untuk mengukur jumlah kecepatan dari fluida (angin) sesaat. Cara kerja sensor tersebut adalah dengan cara konvektif dari sensor ke arah lingkungan sekeliling sensor.

Anemometer juga tetap memerlukan proses kalibrasi yang dilakukan secara periodik untuk menjaga nilai akurasi atau ketepatan nilai pada proses pengukuran. Anemometer merupakan jenis alat yang yang digunakan karena

pembacaannya atau hasilnya hanya dibutuhkan pada saat-saat tertentu untuk mengetahui kondisi dan perubahan cuaca.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH)

Pengertian *Hybrid* pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem *hybrid* pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu.

Sistem *Hybrid* atau Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD. PLTH ini memanfaatkan renewable energi sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan jala PLN sebagai sumber energi cadangan (sekunder).

Pada PLTH, *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan, sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, setrika listrik sertakebutuhan industri kecil di daerah tersebut.



Gambar 2.8 *Hybrid Wind Turbine*

(Zulfakar, 2006)

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Mikrokontroler tersusun dalam satu *chip* dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem.

2.5.1 Arduino UNO

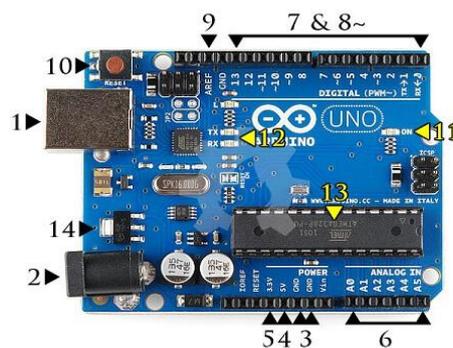
Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring Platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik di berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor *Atmel AVR* dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino juga merupakan *platform* hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya.

Mikrokontroler Atmega328 digunakan pada arduino UNO sebagai otak untuk mengendalikan perangkat elektronik yang kan dirancang. Atmega328 itu sendiri diproduksi oleh ATMEL yang mempunyai arsitektur RISC ini adalah suatu arsitektur yang memiliki instruksi yang sederhana namun memiliki banyak fasilitas tambahan. Spesifikasi arduino UNO yaitu :

- a. Mikrokontroler Atmega 328
- b. Catu Daya 5V

- c. Tegangan Input (rekomendasi) 7-12 V
- d. Tegangan Input (batasan) 6-20 V
- e. Pin I/O Digital 14 (of which 6 provide PWM output)
- f. Pin Input Analog 6
- g. Arus DC per Pin I/O 40 mA
- h. Arus DC per Pin I/O untuk PIN 3.3 V 50 Ma
- i. *Flash Memory* 32 KB (Atmega328) dimana 0.5 KB digunakan oleh *bootloader*
- j. SRAM 2 KB (Atmega328)
- k. EEPROM 1 KB (ATMEGA328)
- l. *Clock Speed* 16 MHz



Gambar 2.9 Arduino UNO. (Faisal,2017)

(Faisal, 2017)

NO	Nama	Deskripsi
1.	USB Female Type-B	Sebagai sumber DC 5V sekaligus untuk jalur pemrograman antara PC dan Arduino.
2.	Barrel Jack	Sebagai input sumber antara 5 – 12 V
3.	Pin GND	Sebagai sumber pentanahan (Ground)
4.	Pin 5 V	Sebagai sumber tegangan 5 V
5.	Pin 3,3 V	Sebagai sumber tegangan 3,3 V
6.	A0-A5	Sebagai Analog Input

NO	NAMA	Deskripsi
7.	2-13	Sebagai I/O digital
8.	0-1	Sebagai I/O sekaligus bisa juga sebagai RxTx
9.	AREF	Sebagai analog referensi untuk fungsi ADC
10.	Tombol RESET	Sebagai perintah reset arduino
11.	LED	Sebagai indikator daya
12.	LED RxTx	Sebagai indikator RxTx saat pengisian program
13.	Mikrokontroller	Sebagai indikator RxTx saat pengisian program
14.	Regulator Tegangan	Berfungsi sebagai pembatas atau penurun tegangan yang masuk melalui barrel jack dengan tegangan maksimum input sebesar 20 V.

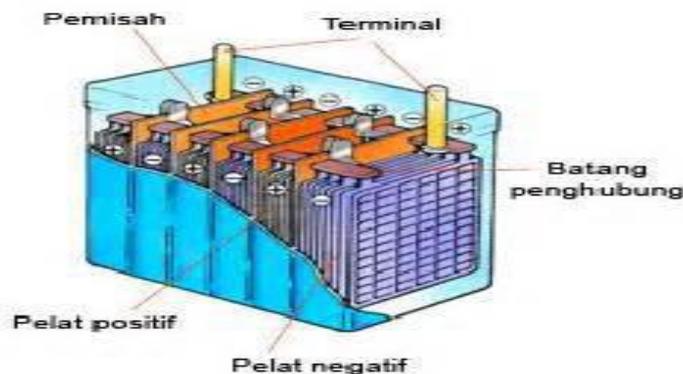
Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Arduino UNO

2.6 Sumber Daya Aki 12 V

Baterai Aki atau sering disebut *accumulator*, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau sepeda motor. Aki dapat digunakan untuk menyimpan dan memberikan tenaga listrik. Pada proses pengisian, tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia, pada pembuangannya tenaga kimia yang tersimpan diubah menjadi tenaga listrik. Aki memiliki kapasitas sebuah sel aki diukur dalam jam-Ampere (Ah), yang dimaksud dengan kapasitas adalah jumlah Ah yang dapat diberikan oleh sebuah sel yang berisi muatan sampai tegangannya turun menjadi kira-kira 1,83 V (99,1 %). Sebuah aki dengan kapasitas 100 Ah dapat memberikan arus 25 A selama 4 jam.

Terdapat 2 jenis aki yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah merupakan jenis aki yang perlu diberi air aki yang dikenal dengan sebutan *accu zuur*. Sedangkan aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan. Dalam aki terdapat elemen dan sel untuk penyimpanan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif

terkandung oksid timbal coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timbal. Pada Gambar 2. 10 merupakan sel-sel aki.



Gambar 2.10 Sel Aki

(Faisal, 2017)

Aki memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila aki hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya.

2.6 Relay

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (*on* atau *off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

Relay yang paling sederhana ialah *relay* elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana *relay* elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut.

- Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar.

- Saklar yang digerakkan secara mekanis oleh daya atau energi listrik.

Sebagai komponen elektronika, *relay* mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian *relay* dapat berfungsi sebagai pengaman.

Relay terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. *Common*, merupakan bagian yang tersambung dengan *Normally Close* (dalam keadaan normal).
2. *Koil* (kumparan), merupakan komponen utama *relay* yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak, yang terdiri dari *Normally Close* dan *Normally Open*.

Penggunaan *relay* perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan *relay men-switch* arus/tegangan. Biasanya ukurannya tertera pada *body relay*. Misalnya *relay* 12VDC/4 A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu *men-switch* arus listrik (maksimal) sebesar 4 *ampere* pada tegangan 220 Volt. Sebaiknya *relay* difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman. *Relay* jenis lain ada yang namanya *reedswitch* atau *relay* lidi. *Relay* jenis ini berupa batang kontak terbuat dari besi pada tabung kaca kecil yang dililitin kawat. Pada saat lilitan kawat dialiri arus, kontak besi tersebut akan menjadi magnet dan saling menempel sehingga menjadi saklar yang on. Ketika arus pada lilitan dihentikan medan magnet hilang dan kontak kembali terbuka (*off*).

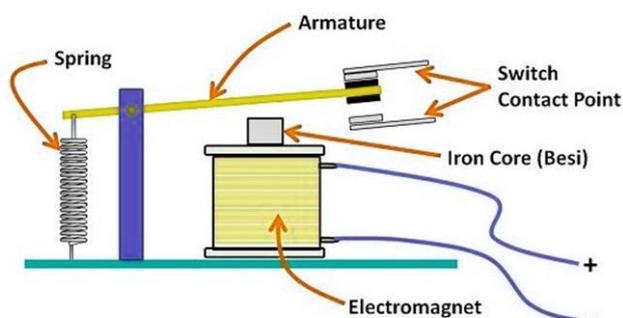


Gambar 2.11 *Relay*

(Faisal, 2017)

2.6.1 Prinsip Kerja Relay

Setelah mengetahui pengertian dan fungsi *relay*, berikut adalah cara kerja atau prinsip kerja *relay* yang juga harus anda ketahui. Namun sebelumnya anda perlu tahu bahwa dalam sebuah *relay* terdapat 4 buah bagian penting yakni *Electromagnet (Coil)*, *Armature*, *Switch Contact Point (Saklar)*, dan *Spring*. Untuk info lebih jelasnya silahkan lihat gambar di bawah ini.



Gambar 2.12 Cara Kerja *Relay*

(Faisal, 2017)

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh kumparan Coil, berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil dialiri arus listrik, maka akan muncul gaya elektromagnetik yang dapat menarik *Armature* sehingga dapat berpindah dari posisi sebelumnya tertutup (NC) menjadi posisi baru yakni terbuka (NO).

Dalam posisi (NO) saklar dapat menghantarkan arus listrik. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali ke posisi awal (NC). Sedangkan *Coil* yang digunakan oleh relay untuk menarik Contact Point ke posisi *close* hanya membutuhkan arus listrik yang relatif cukup kecil.

NC atau *Normally Close* adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup). NO atau *Normally Open* adalah kondisi awal relay sebelum diaktifkan selalu berada di posisi OPEN (terbuka).

2.7 Inverter

Power Inverter atau biasanya disebut dengan Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) 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*).

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 (beban) seperti televisi, kipas angin, komputer atau bahkan kulkas dan mesin cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

Berdasarkan jumlah fasa output inverter dapat dibedakan dalam :

- *Inverter* 1 fasa, yaitu *inverter* dengan output 1 fasa.
- *Inferter* 2 fasa, yaitu *inverter* dengan output 3 fasa.

Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangan-nya, yaitu :

- *Voltage Fed Inverter* (VFI) yaitu inverter dengan tegangan input yang diatur konstan.
- *Current Fed Inverter* (CFI) yaitu inverter dengan arus input yang diatur konstan.
- *Variable dc linked inverter* yaitu inverter dengan tegangan input yang dapat diatur.

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.

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.

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.

2.8 Kontaktor (*Magnetic Contactor*)

Kontaktor (*Magnetic Contactor*) yaitu peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor terdapat sebuah belitan yang mana bila dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya, yang akan membuat kontakannya tertarik oleh gaya magnet yang timbul tadi. Kontak Bantu NO (*Normally Open*) akan menutup dan kontak Bantu NC (*Normally Close*) akan membuka. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak Bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak Bantu digunakan untuk rangkaian kontrol. Didalam suatu kontaktor elektromagnetik terdapat kumparan utama yang terdapat pada inti besi. Kumparan hubung singkat berfungsi sebagai peredam getaran saat kedua inti besi saling melekat.

Apabila kumparan utama dialiri arus, maka akan timbul medan magnet pada inti besi yang akan menarik inti besi dari kumparan hubung singkat yang dikopel dengan kontak utama dan kontak Bantu dari kontaktor tersebut. Hal ini akan mengakibatkan kontak utama dan kontak bantunya akan bergerak dari posisi normal dimana kontak NO akan tertutup sedangkan NC akan terbuka. Selama kumparan utama kontaktor tersebut masih dialiri arus, maka kontak-kontaknya akan tetap pada posisi operasinya.

Apabila pada kumparan kontaktor diberi tegangan yang terlalu tinggi maka akan menyebabkan berkurangnya umur atau merusak kumparan kontaktor tersebut. Tetapi jika tegangan yang diberikan terlalu rendah maka akan menimbulkan tekanan antara kontak-kontak dari kontaktor menjadi berkurang. Hal ini menimbulkan bunga api pada permukaannya serta dapat merusak kontak-kontaknya. Besarnya toleransi tegangan untuk kumparan kontaktor adalah berkisar 85% - 110% dari tegangan kerja kontaktor. Komponen penting pada kontaktor (*Magnetic Contactor*) :

1. kumparan magnet (*coil*) dengan simbol A1 – A2 yang akan bekerja bila mendapat sumber tegangan listrik.
2. kontak utama terdiri dari simbol angka : 1,2,3,4,5, dan 6.

3. kontak bantu biasanya terdiri dari simbol angka 11,12,13,14, ataupun angka 21,22,23,24 dan juga angka depan seterusnya tetapi angka belakang tetap dari 1 sampai 4.

Jenis kontaktor magnet (*Magnetic Contactor*) ada 3 macam :

1. kontaktor magnet utama
2. kontaktor magnet bantu
3. kontaktor magnet kombinasi

