

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Angin

Matahari merupakan sumber terpenting untuk memproduksi energi angin, saat matahari bersinar di atas permukaan bumi, hal itu menyebabkan permukaan bumi memanas sehingga menciptakan formasi angin yang tidak merata. Energi kinetik yang dihasilkan oleh angin mampu memutar dan menggerakkan turbin angin, namun *output* daya yang dihasilkan tergantung pada kecepatan angin. Energi angin sendiri adalah salah satu sumber energi terbarukan yang paling hemat biaya. Angin merupakan udara yang bergerak akibat adanya suatu perbedaan antara tekanan udara dengan aliran arah angin dari tempat yang memiliki tekanan atmosfer yang tinggi ke tempat yang memiliki tekanan atmosfer yang rendah, dalam arti lain tempat atau daerah yang memiliki suhu tinggi ke daerah bersuhu rendah [3,4].

Tabel 2. 1 Data kecepatan dan arah angin di ITERA (Sumber : Data stasiun MKG ITERA 2018)

Bulan	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin
Januari	2,79	NW (Barat Laut)
Februari	2,90	NW (Barat Laut)
Maret	2,71	NW (Barat Laut)
April	2,40	SW (Barat Daya)
Mei	2,43	SW (Barat Daya)
Juni	2,61	S (Selatan)
Juli	3,73	S (Selatan)
Agustus	4,17	S (Selatan)
September	4,32	S (Selatan)
Oktober	3,87	S (Selatan)
November	3,83	S (Selatan)
Desember	3,08	S (Selatan)

Berdasarkan data MKG ITERA dari Tabel 2.1 diatas, kecepatan angin rata-rata ITERA pada tahun 2018 adalah sebesar 3,24 m/s dengan arah angin mayoritas adalah dari arah selatan.

2.2 Turbin Angin

Turbin angin adalah alat yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi energi mekanik yang akan menggerakkan generator. Kekuatan massa udara yang melewati permukaan aktif airfoil sebagian dipulihkan oleh turbin angin dalam bentuk energi mekenik. Menurut hukum BETZ hanya 59% kekuatan dari angin yang dapat dipulihkan [6]. Turbin angin dapat di klasifikasikan menjadi dua kategori, *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)* dan *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* yang memiliki perbedaan pada posisi putaran rotornya.

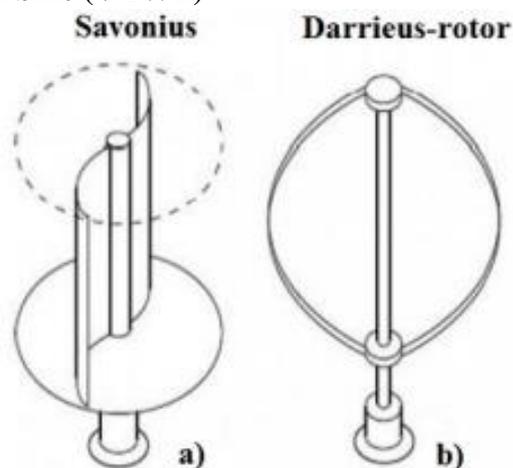
2.1.2 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)



Gambar 2. 1 Horizontal Axis Wind Turbine [7]

HAWT adalah turbin angin yang dimana kincirnya terdiri dari bilah dan berputar pada sumbu horizontal. Dimana poros rotor utama dan generator listrik ditempatkan di atas menara. Dan juga semua sistem mekanik termasuk motor, *gearbox*, dan lain sebagainya dikemas didalam sebuah penutup logam yang dinamakan *nacelle*, HAWT harus selalu diarahkan kearah angin [7]. Pada HAWT angin dilewatkan melalui bilah yang memiliki permukaan berbentuk airfoil yang dimana angin berkecepatan tinggi akan menyerang bagian sekitar sisi atas bilah sehingga menciptakan wilayah bertekanan rendah pada bagian atas airfoil. Sehingga perbedaan tekanan pada bilah menciptakan daya angkat aerodinamis. Bila didesain sedemikian rupa sehingga memiliki rasio angkat yang tinggi [8].

2.1.3 Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)



Gambar 2. 2 a). VAWT tipe Savonius b). VAWT tipe darrieus [9]

VAWT adalah turbin angin yang dimana poros rotor ditempatkan tegak lurus dengan tanah. Sehingga jenis konfigurasi ini tidaklah memerlukan Menara yang terlalu tinggi, sehingga generator dan komponen lainnya dapat diletakkan dekat dengan tanah dan konfigurasi VAWT tidak harus menghadap kearah angin. 2 tipe turbin angin sumbu *vertical* yang paling terkenal adalah turbin angin *darrieus* dan turbin angin *savonius* [7].

Rotor *darrieus* memiliki bilah yang melengkung meminimalkan tegangan tekuk dalam operasi dan gaya normal pada bilah yang disebabkan oleh rotasi. Rotor *savonius* memiliki bilah berbentuk ‘S’ yang membuat rotor lebih efisien. Banyak penelitian telah dilakukan tentang desain VAWT, *savonius* rotor pada prinsipnya menyediakan gaya angkat tetapi pada prinsipnya merupakan perangkat penarik. Rotor ini memiliki keunggulan torsi awal yang tinggi, namun memiliki kelemahan yaitu memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan dengan *drag turbine*.

2.3 Prinsip Kerja Turbin Angin

Turbin angin bekerja dengan prinsip yang cukup sederhana, dimana energi angin memutar *blade* pada turbin angin yang terkoneksi dengan generator. Sehingga akan dihasilkan energi listrik dari generator dengan prinsip mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Besaran daya listrik yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung desain turbin angin dengan besaran kecepatan angin. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin dapat dicari dengan menggunakan persamaan [10].

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot C_p(\lambda, \beta) \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (1.1)$$

P_m pada persamaan diatas adalah daya mekanik (Watt) yang dihasilkan turbin angin, ρ merupakan densitas udara sebesar $1.225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, A adalah luas daerah sapuan turbin (m^2), dan V adalah kecepatan angin (m/s). Energi aktual yang diserap turbin angin tergantung dari efisiensi turbin angin yang dinyatakan dalam $C_p(\lambda, \beta)$ yang merupakan fungsi dari λ dan β yang dimana merupakan perbandingan dari kecepatan ujung bilah atau TSR dan *pitch angle*. *Pitch angle* sendiri merupakan sudut antara bilah turbin dengan sumbu horizontal. Sedangkan TSR yaitu perbandingan antara kecepatan rotor turbin dengan kecepatan angin. Dapat dinyatakan dengan persamaan [10].

$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{V} \quad (1.2)$$

Dengan ω adalah kecepatan sudut turbin dan R merupakan jari-jari turbin angin. Untuk persamaan putaran generator (rad/s) dapat ditulis sebagai berikut;

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (1.3)$$

TSR sangat mempengaruhi kecepatan putar generator (RPM). Hubungan TSR dengan kecepatan generator adalah;

$$n = \frac{60 \cdot V \cdot \lambda}{\pi D} \quad (1.4)$$

Dimana n merupakan kecepatan putar generator (RPM), D merupakan diameter rotor (m), dan V merupakan kecepatan angin (m/s). sedangkan hubungan antara torque (τ), daya mekanik (P_m) dan kecepatan generator ω dapat dilihat pada persamaan berikut;

$$\tau = \frac{P_m}{\omega} \quad (1.5)$$

Dimana P_m merupakan potensi daya yang dihasilkan turbin angin (Watt), τ besaran *torque* (Nm) dan ω putaran generatr (rad/s)

2.5 *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)*

2.4.1 Synchronous Machines

Yaitu suatu mesin yang beroperasi pada kecepatan konstant dalam sinkronisasi absolut dengan frekuensi saluran. Yang artinya kecepatan rotor adalah sama dengan kecepatan medan magnet berputar yang dihidupkan oleh belitan AC stator (angker) [11].

2.4.2 Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)

Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) yaitu motor yang memiliki magnet yang dipasang pada rotor dan lilitan pada stator. Sehingga medan eksitasi disediakan oleh permanent magnet, bukan oleh coil. Dikatakan sinkron karena frekuensi tegangan yang diinduksikan dalam stator berbanding lurus dengan RPM [11].

2.6 Wind Charge Controller

Pada waktu tertentu ada angin kencang yang dapat menimbulkan masalah serius pada bagian-bagian yang berputar di turbin angin. Untuk meminimalisir kerusakan karena angin yang berintensitas tinggi, biasanya turbin angin dilengkapi dengan *controller board*. *Controller board* ini juga digunakan untuk mengoperasikan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin dan diteruskan untuk mengisi baterai [6]

Jika pada turbin angin menggunakan turbin PMSG maka kebanyakan tegangan yang disuplay adalah sistem tiga fasa. Sehingga diperlukan *controller* tegangan *rectifier bridge* yang nantinya akan meyearahkan gelombang AC yang dihasilkan oleh generator menjadi gelombang DC untuk diteruskan dan menyuplay baterai [12]. *Charge controller* memiliki fungsi utama untuk mengubah tegangan AC yang dihasilkan oleh generator menjadi tegangan DC yang akan diteruskan untuk mengisi daya pada baterai. Selain memiliki fungsi untuk konverter tegangan dan mengisi baterai. *Charge controller* juga memiliki proteksi *overcharge* yang bertujuan untuk mencegah kerusakan pada baterai yang terisi penuh namun sumber masih terus memasok energi [13].

2.7 Baterai

Baterai yaitu sebuah alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang biasanya digunakan pada sebuah perangkat elektronik mobile. Baterai sendiri digolongkan menjadi dua jenis yaitu.

2.6.1 Baterai primer (baterai sekali pakai)

Baterai ini cukup umum ditemukan dipasaran dikarenakan penggunaannya yang cukup luas dan harganya yang terjangkau. Jenis-jenis baterai sekali pakai ini diantaranya;

Baterai Zinc-Carbon, baterai alkaline, baterai lithium, baterai silver oxide.

2.6.2 Baterai sekunder (baterai isi ulang)

Pada prinsipnya baterai ini menghasilkan arus dan tegangan yang sama dengan baterai primer namun reaksi kimia pada baterai ini dapat berbalik atau reversible. Jenis-jenis baterai isi ulang ini diantaranya.

Baterai Ni-Cd, Baterai Ni-MH, baterai Li-Ion, dan ACCU

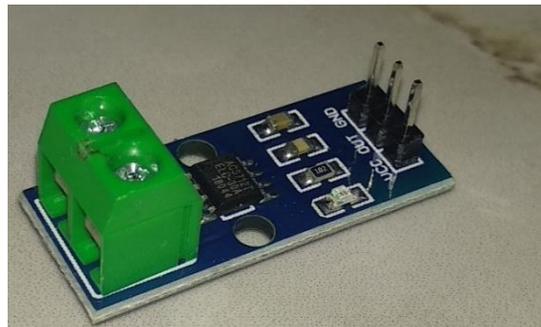
2.8 Inverter

Inver atau *DC to AC converter* adalah komponen yang dapat mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai perancangan [14]. Inverter memiliki keluaran yang dapat di atur dan tegangan yang tetap. Sumber input tegangan pada

inverter dapat menggunakan sumber tegangan DC berupa baterai, panel surya, atau catu daya DC lainnya. Inverter sendiri terbagi menjadi 3 tipe yaitu : *bridge inverter*, *series inverter*, dan *parallel inverter*. *Bridge inverter* dikelompokkan menjadi *half wave bridge* dan *full wave bridge* [15].

2.9 Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sensor penginderaan arus AC maupun DC yang biasa digunakan pada industri, sistem komunikasi, ataupun komersial. ACS712 terdiri dari rangkaian sensor *hall linear* yang presisi, *offset* rendah, dan linear dengan jalur konduktansi tembaga. Arus yang mengalir melalui jalur konduksi pada tembaga ini akan menghasilkan medan magnet yang akan dirasakan oleh IC hall terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional [19].



Gambar 2. 3 Sensor Arus ACS712

Fitur dan manfaat yang diberikan oleh sensor arus ACS712 adalah sebagai berikut:

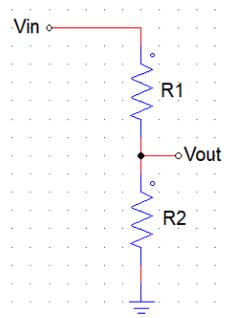
Modul ACS712 memiliki sensitifitas tegangan sebesar 66-185 mV/A. Sensor ini memiliki jangkauan pembacaan mulai dari 0 (*input 0V*) sampai 1023 (*input 5V*) dengan resolusi sebesar 0,0049V. Pembacaan sensor arus dirumuskan pada persamaan berikut [20]:

$$I = \frac{(0,0049 \times V_{out} - 2,5)}{0,185}$$

2.10 Sensor Tegangan

2.11.2 Sensor Tegangan DC 25 V

Sensor tegangan DC 25 V adalah sebuah sensor yang digunakan untuk memonitoring, mengukur, dan menghitung besaran tegangan pada suatu sumber atau catu daya DC. Sensor ini memiliki pin input positif dan negatif. dan memiliki pin out tegangan supply (*vcc*), ground (*gnd*), dan pin daya analog (*out*) [21]. Sensor ini memiliki prinsip kerja pembagi tegangan dengan rangkaian jembatan resistor seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. 4 Rangkaian Pembagi Tegangan

Resistor pada rangkaian difungsikan sebagai elemen pengindraan sehingga dari gambar rangkaian diatas maka persamaan untuk mendapatkan tegangan *output* adalah sebagai berikut.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Modul sensor tegangan 25 V yang bekerja berdasarkan penekanan resistansi sehingga membuat tenaga input berkurang hingga 5 kali dari jumlah aslinya.



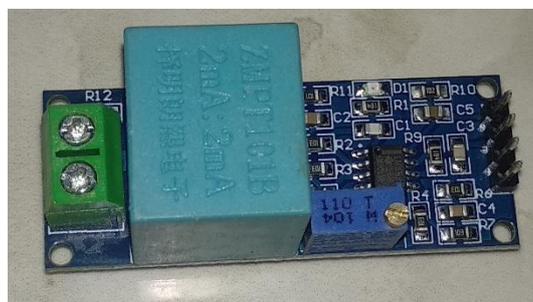
Gambar 2. 5 Sensor Tegangan DC 25 V

Sensor ini hanya dapat membaca tegangan maksimal 25V bila diinginkan Arduino analog input dengan tegangan 5V, dan apabila untuk tegangan 3,3V, tegangan input harus tidak lebih dari 16,5V. Pada dasarnya pembacaan sensor hanya diubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023, karena *chip* Arduino AVR memiliki 10 bit, jadi resolusi simulasi modul 0,00489V yaitu dari (5V/1023), dan tegangan input dari modul ini harus lebih dari 0,00489V x 5 = 0,02445V. Sehingga bisa dirumuskan seperti berikut[22]:

$$\text{Volt} = ((V_{out} \times 0,00489) \times 5)$$

2.11.3 ZMPT101B (Sensor Tegangan AC)

ZMPT101B merupakan sensor tegangan AC, ZMPT101B merupakan transformer tegangan AC hingga 250V. Memiliki batasan arus 2mA:2mA, ZMPT101B memiliki prinsip kerja pembagi tegangan dengan cara kerja yaitu resistor 1 diseri dengan lilitan primer pada transformator dan resistor 2 di parallel dengan lilitan sekunder pada transformator, sehingga didapatkan besaran tegangan *output* [23].



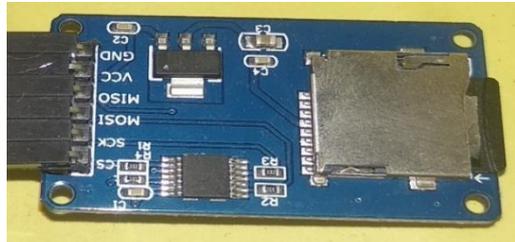
Gambar 2. 6 Sensor ZMPT101B

Persamaan yang digunakan pada sensor tegangan ini dengan menggunakan pembagi tegangan yaitu:

$$V_{out} = (V_{in}/R_1) \times R_2$$

2.11 Modul MicroSD

Modul MicroSD adalah sebuah modul yang memungkinkan untuk melakukan pembacaan atau penulisan pada memori card. Pembacaan dilakukan melalui sistem file dan SPI antarmuka driver, MCU untuk melengkapi sistem pada file serta membaca dan menulis [24].



Gambar 2. 7 Modul MicroSD

Fitur dan manfaat yang diberikan oleh modul microSD ini yaitu:

1. Mendukung kartu memori Micro SD, kartu memori Micro SDHC (kartu memori yang berkecepatan tinggi)
2. Tingkat konversi papan sirkuit antarmuka level untuk 5V atau 3.3 V.
3. Power supply 4.5V ~ 5.5V, regulator tegangan 3.3V papan pada sirkuit.
4. Komunikasi antarmuka SPI antarmuka standar.
5. Empat (4) M2 lubang sekrup posisi untuk kemudahan instalasi

Control Interface : Sebanyak enam pin (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND ke ground, VCC adalah power supply, MISO, MOSI, SCK adalah SPI bus, CS adalah chip pin sinyal. Antarmuka kartu MicroSD untuk mengendalikan arah sinyal MISO juga diubah menjadi 3.3V, general sistem mikrokontroler AVR dapat membaca sinyal pada microSD

2.12 RTC DS1307

RTC yaitu merupakan *real time clock* yaitu jam yang memiliki baterai yang melekat pada arsitekturnya. RTC termasuk microchip yang ada pada motherboard komputer yang biasanya terpisah dari mikroprosesor serta chip lainnya atau sering disebut dengan CMOS. CMOS sendiri yaitu memori kecil yang terdapat pada micro chip RTC yang menyimpan sebuah sistem atau nilai berupa sebuah pengaturan termasuk nilai waktu saat ini.



Gambar 2. 8 RTC DS1307

Serial *real-time clock* (RTC) DS1307 yang merupakan jam dan kalender berdaya rendah dengan 56 byte NV SRAM. Dimana alamat dan data di transfer melalui I2C bus dua arah. RTC menyediakan informasi waktu yang lengkap detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun [25].

2.13 Mikrokontroler Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 merupakan sebuah mikrokontroler yang berfungsi sebagai ‘otak’ yang mengendalikan input, proses dan *output* pada sebuah rangkaian elektronik. Arduino mega2560 memiliki banyak pin inputan sehingga biasa digunakan ketika banyak sensor atau aktuator yang digunakan. Atau jika pengguna menggunakan lebih dari 1 modul serial, seperti misalnya modul GPS atau GSM.

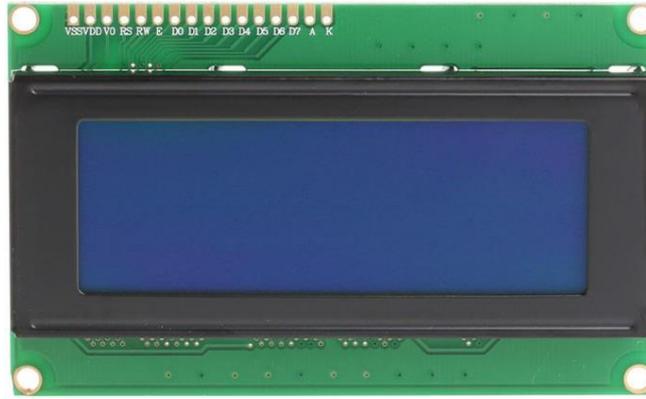


Gambar 2. 9 Arduino Mega2560

Papan Arduino ini memiliki rangkaian pengamanan jika terjadi kesalahan dalam pemasangan. Maka kesalahan tersebut tidak langsung merusak papan atau *board* pada Arduino. Arus listrik yang diputus secara paksa juga tidak memiliki pengaruh yang besar. Arduino ini memiliki ADC (*Analog to Digital*) dan DAC (*Digital to Analog converter*) untuk mengkonversi sinyal analog ke digital maupun sebaliknya [26].

2.14 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD adalah salah satu media antarmuka yang menggunakan kristal cair untuk menghasilkan gambar atau objek yang terlihat. LCD sendiri merupakan jenis layar panel datar yang banyak digunakan di perangkat elektronik seperti televisi, handphone, dan monitor computer. LCD menjadi lompatan besar dalam hal teknologi tatap muka yang menggantikan diode pemancar cahaya dan display gas plasma, dan memungkinkan tampilan menjadi lebih tipis daripada teknologi tabung sinar katoda [25,26].

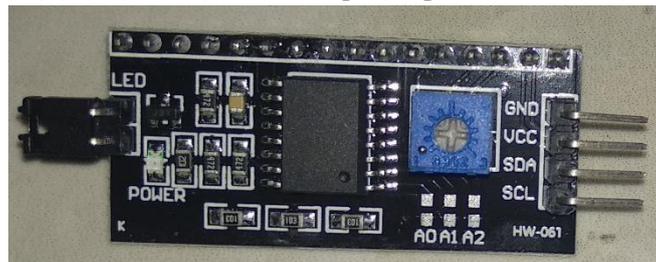


Gambar 2. 10 LCD 20X4

LCD pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian *backlight* dan *liquid crystal*. LCD tidak memancarkan cahaya apapun. LCD mentransmisikan cahaya yang melewatinya. Sehingga LCD memerlukan backlight untuk sumber cahayanya yang biasanya umumnya putih. Sedangkan Kristal cair sendiri merupakan cairan organik yang berada diantara dua lembar kaca transparan dan konduktif pada permukaannya [25,26].

2.15 I2C (*Intern Integrated Circuit*)

I2C adalah standar komunikasi serial dua arah menggunakan saluran yang difungsikan khusus untuk menerima maupun mengirim data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCA dan SDL yang berfungsi membawa informasi data antara I2C dengan pengontrolnya. I2C banyak digunakan dan diintegrasikan dengan LCD karena mengurangi penggunaan pin dan mudah untuk digunakan dan di akses, cukup dengan menambahkan library I2C pada program. I2C memiliki 4 pin *output* yaitu GND, VCC, SDA, dan SCL [27,28].



Gambar 2. 11 I2C