

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat untuk penelitian “*Prototype*” Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sebagai Sumber Tegangan Lampu Penerangan” akan dilaksanakan di *rooftop* Gedung Raden Adjeng Kartini Universitas Negeri Jakarta. Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Angin dilakukan dari bulan April 2016 – Juni 2016. Kemudian pengujian akan dilakukan pada bulan Juli 2016.

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1. Alat

Perangkat atau alat yang digunakan pada pembuatan *prototype* ini meliputi :

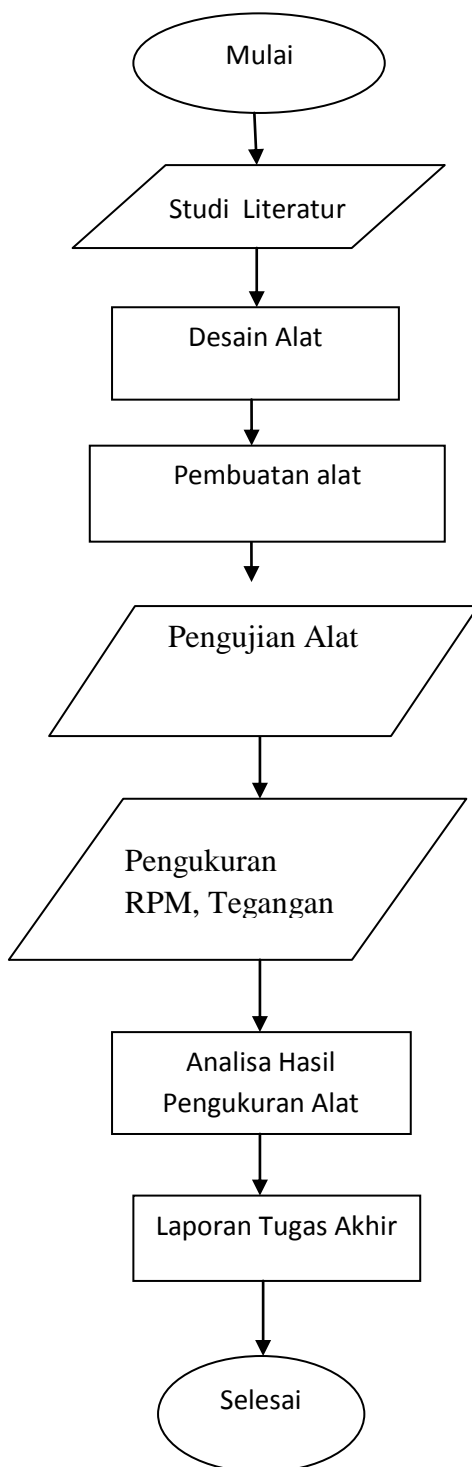
1. Perangkat lunak atau *software* yang digunakan :
  - 1) Mikrokontroler ATmega16
  - 2) *CodeVision Wizard AVR*
2. Perangkat keras atau *Hardware* yang digunakan :
  - 1) Tang Buaya
  - 2) Tang potong
  - 3) Solder listrik
  - 4) Obeng min dan plus
  - 5) Multimeter Digital
  - 6) Anemometer
  - 7) Tachometer
  - 8) ACCU 12V 7Ah

### 3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam membuat *prototype* ini antara lain :

- 1) PCB Polos
- 2) IC Mikrokontroler ATmega16
- 3) *Acrylic*
- 4) Motor Stepper
- 5) Tiang Peyangga 10 x 20 cm
- 6) Baut
- 7) Lampu LED
- 8) Sensor RPM
- 9) Resistor
- 10) *Liquid Cristal Display* (LCD 20 x 4 karakter)

### 3.3. Diagram Alur Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.3.1 Deskripsi Alur Penelitian

Pada tahap awal penelitian yaitu melakukan studi literatur, pada tahap ini dicari referensi-referensi berupa buku, artikel, serta jurnal-jurnal yang terkait dengan pengetahuan-pengetahuan dasar tentang potensi energi angin, *motor stepper* sebagai generator yang mengubah energi mekanik menjadi listrik.

Tahapan berikutnya yaitu mendesain unit pembangkit listrik tenaga angin menggunakan *software SolidWorks* dan membuat propertinya. Dalam membuat sudu turbin ini peneliti menggunakan tiga macam bilah sudu yaitu, sudu 3 dengan jarak antar sudutnya  $120^{\circ}$ , kemudian sudu bilah 6 dengan jarak antar sudutnya  $60^{\circ}$ , kemudian sudu 9 dengan jarak antar sudutnya  $40^{\circ}$ . Dengan panjang sudu 20cm dan lebar 30cm jari-jari 20cm. Setelah proses *desain* alat dan pembuatan *prototype* telah selesai, maka akan dianalisa kebutuhan dan bahan yang akan digunakan dalam *prototype* pembangkit listrik tenaga angin, kebutuhan alat dan bahan tersebut meliputi alat ukur kecepatan angin (*flow meter*), alat ukur listrik (multimeter), tachometer, *accu*, *motor stepper* sebagai generatornya. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan alat.

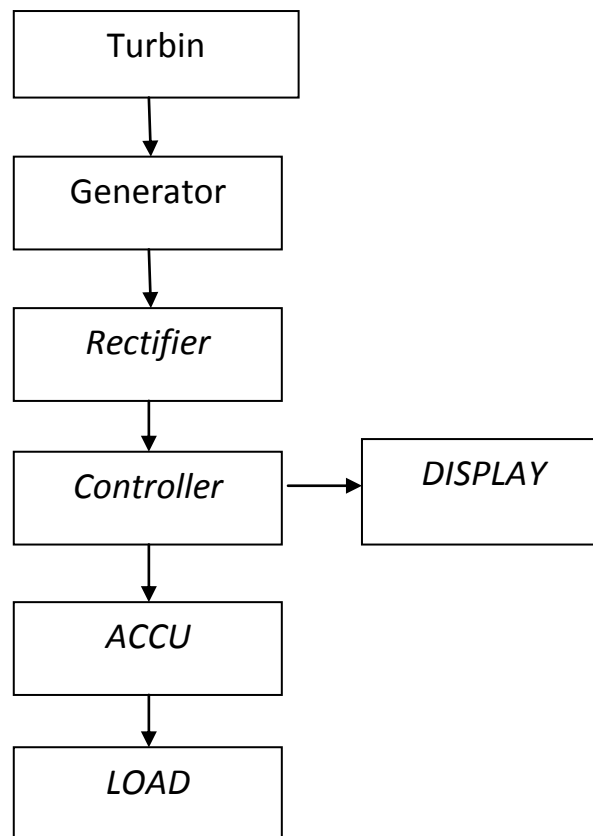
Tahapan berikutnya adalah setelah proses pembuatan selesai maka dilakukan tahapan pengujian yang merupakan kinerja dari alat, tujuan tahapan ini yaitu memperoleh data dan mengamati keberhasilan kinerja unit pembangkit yang telah di *desain*. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan putaran turbin angin diukur menggunakan *tachometer*. Data tersebut digunakan untuk acuan pada proses selanjutnya.

Tahapan selanjutnya tahapan pengujian alat. Pada tahapan ini pembangkit listrik tenaga angin diuji performanya untuk mendapatkan kinerja dalam proses konversi energi mekanik yang dihasilkan oleh potensi energi angin menjadi listrik. pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur berupa *multimeter*, *tachometer*, untuk mendapatkan data nilai kecepatan putaran generator, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan.

Tahapan selanjutnya yaitu analisis kinerja dari masing-masing jumlah sudu, analisis keluaran dari masing-masing jumlah sudu meliputi tegangan, arus, serta kecepatan putar berdasarkan angin yang didapatkan pada saat pengujian.

Tahapan terakhir adalah penyusunan laporan. Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data dan analisis dari performa *prototype* pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan bilah sudu 3, sudu 6 dan sudu 9. Pada tahap ini di evaluasi pencapaian dari penelitian yang telah dilakukan dengan mengacu pada tujuan dan perumusan masalah yang ditetapkan di awal penelitian. Hal tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk laporan tertulis.

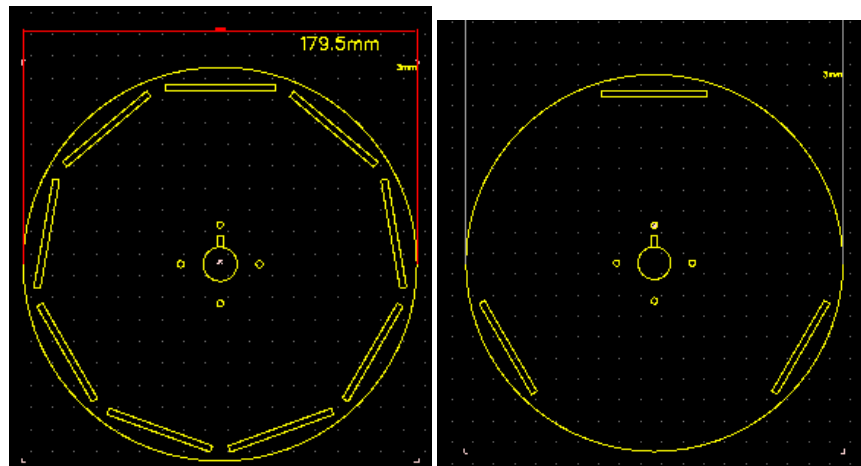
### 3.3.2 Diagram Kerja Alat



**Gambar 3.2.** Diagram Kerja Alat

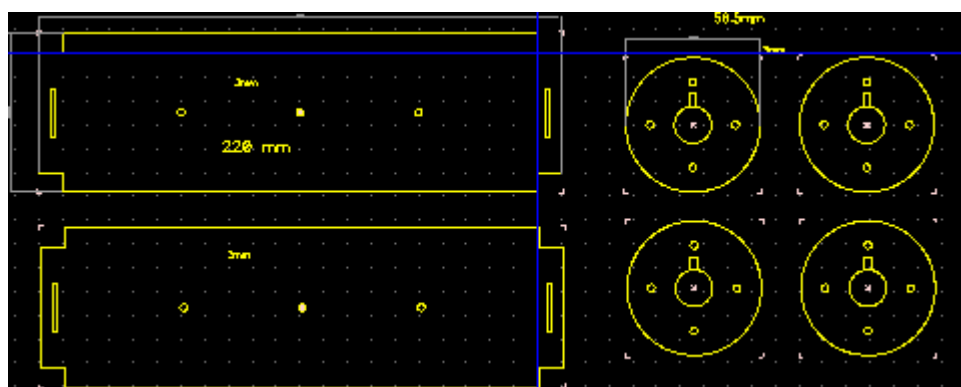
### 3.3.3 Design Alat

*Design* alat adalah salah satu langkah awal yang dilakukan peneliti untuk membuat *prototype* ini, *design* ini dibuat dalam bentuk yang sederhana agar mudah digunakan dan dapat di bongkar pasang. Adapun beberapa komponen yang digunakan untuk membuat *prototype* ini, yaitu *Acrylic* sebagai bilah sudunya, *Motor stepper* sebagai generator. Tiang peyangga dan beberapa tiang sekat agar sudu kokoh bila terjadi angin yang kencang. Perhatikan gambar 3.3 di bawah ini merupakan *design* alat yang ingin peneliti rancang. *Design* Alat ini terlampir pada lampiran 20.



A. Bonggol Sudu 6 dan 9

B. Bonggol Sudu 3



C. Bilah Sudu dan Rotor.

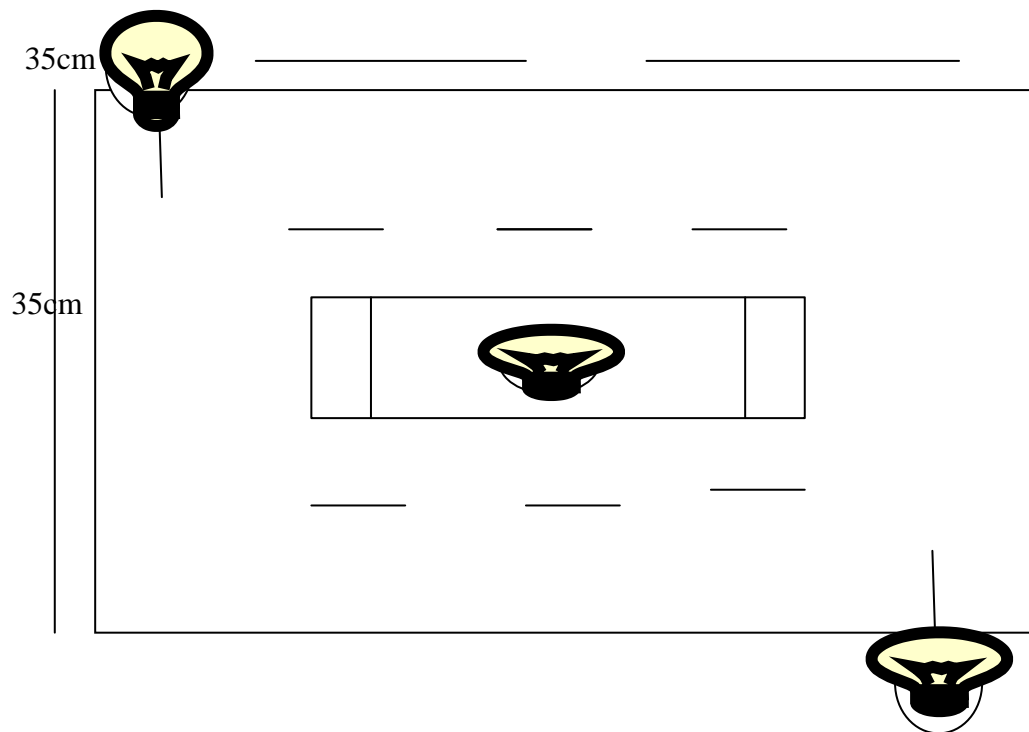
**Gambar 3.3 Design Alat**

### 3.3.4 Pembuatan Maket Alat

Maket merupakan representasi dalam bentuk tiga dimensi yang meniru sebuah benda atau objek, fungsi maket itu sendiri digunakan untuk mendeskripsikan sebuah keadaan. Jadi maket digunakan sebagai sebuah representasi dari keadaan yang sebenarnya menuju keadaan yang akan diciptakan atau dibuat.

Sebuah maket tidak lebih dan tidak kurang adalah sebuah bentuk, gambar miniature, abstrak dari sesuatu yang sesungguhnya yang bukan merupakan penggambaran yang tepat dari suatu realitas, bahan yang digunakan dalam maket ini yaitu menggunakan *acrilic*. Proses dari penyederhanaan untuk mendapatkan bentuk yang telah ditentukan.

Berikut ini adalah gambar 3.4 sketsa maket beserta beban yang digunakan :



**Gambar 3.4.** Sketsa Maket Beban



### 3.3.5 Perhitungan Dimensi Turbin

- a) Tinggi (h) = 30cm (10cm tiang penyangga)
- b) Diameter (D) = 60 cm (0,6 m)
- c) Jumlah Sudu = sudu 3,6 dan 9.

Dengan desain turbin angin tersebut maka dapat diperkirakan kecepatan angin yang dibutuhkan untuk daya beban 3 watt ialah : Berdasarkan rumus 2.1

$$w = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$$

$$3 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times (0,6 \times 0,3) \times v^3$$

$$3 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 0,18 \times v^3$$

$$3 = 0,11 \times v^3$$

$$V^3 = \frac{3}{0,11} = 27,27$$

$$V = \sqrt[3]{27,27} = 3,01 \text{ m/s}$$

Setelah mendapatkan hasil angin yang dibutuhkan maka mencari RPM yang dihasilkan dengan kecepatan angin tersebut dengan rumus : Berdasarkan rumus 2.4

$$N = 60 \frac{v}{\pi D}$$

$$N = 60 \frac{3,01}{3,14 \times 0,6}$$

$$N = 60 \frac{3,01}{3,14 \times 0,6}$$

$$N = 60 \frac{3,01}{1,884}$$

$$N = 96 \text{ putaran}$$

Kemudian setelah mendapatkan asumsi RPM, maka mencari daya rotor dengan rumus : Berdasarkan rumus 2.3

$$\mathbf{P_{rotor}} = \left(\frac{1}{2} \rho A v^2\right)^2$$

$$P_{rotor} = (0,5 \times 0,18 \times 3,01^2)^2$$

$$P_{rotor} = (0,11 \times 9,06)$$

$$P_{rotor} = 0,9966 \Rightarrow 1.$$

Kemudian setelah mendapatkan daya rotor maka mencari torsi yang dihasilkan dari sudu tersebut, dengan rumus : Berdasarkan rumus 2.5

$$\mathbf{T} = \frac{60 \times P_{rotor}}{2\pi N}$$

$$T = \frac{60 \times 1}{2 \times 3,14 \times 96}$$

$$T = 0,09 \text{ Nm}$$

Setelah mendapatkan torsi maka selanjutnya mencari perbandingan rasio antara kecepatan ujung rotor turbin dengan kecepatan angin atau biasa disebut *tip speed ratio* dengan rumus : Berdasarkan rumus 2.6

$$\lambda = \frac{\pi D N}{60 v}$$

$$\lambda = \frac{3,14 \times 0,6 \times 96}{60 \times 3,01}$$

$$\lambda = 1$$

Kemudian mencari *Coefisien Performance* untuk mencari luasan sudu turbin dengan rumus : Berdasarkan rumus 2.7

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho A v^3}$$

$$C_p = \frac{3}{\frac{1}{2} \times 1,225 \times 0,18 \times 3,01}$$

$$C_p = 9,09 \text{m}^2$$

Dengan didapatkannya luas penampang 3 buah sudu, 6 buah sudu dan 9 buah sudu, maka diperoleh dimensi sebagai berikut :

Diketahui :

tinggi sudu : 30 cm = 0,3m

Jumlah sudu : 3,6, dan 9 buah.

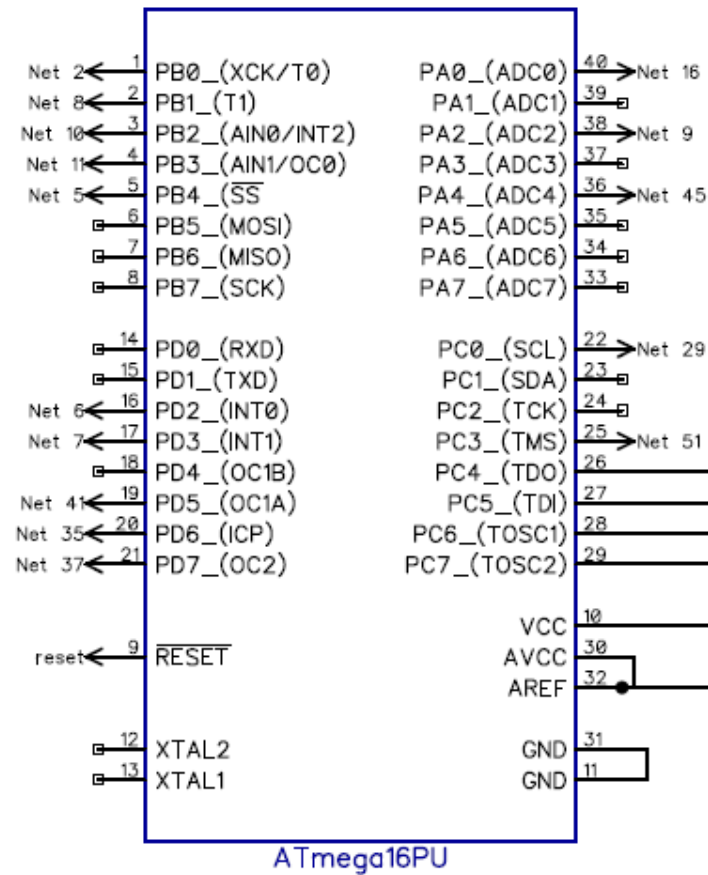
$$\text{Luas 1 buah sudu} = \frac{9,09}{3} = 3,03 \text{cm}$$

$$= \frac{9,09}{6} = 1,51 \text{cm}$$

$$= \frac{9,09}{9} = 1,01 \text{m.}$$

### 3.3.4.1 ATmega 16 Sebagai Sistem Kontrol Alat

ATmega 16 pada pembuatan maket ini difungsikan sebagai sistem pengontrolan alat yang dimana pin-pin (kaki) pada ATmega 16 ini berfungsi untuk mengendalikan *input* dan *output*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini; terlampir di lampiran 21.

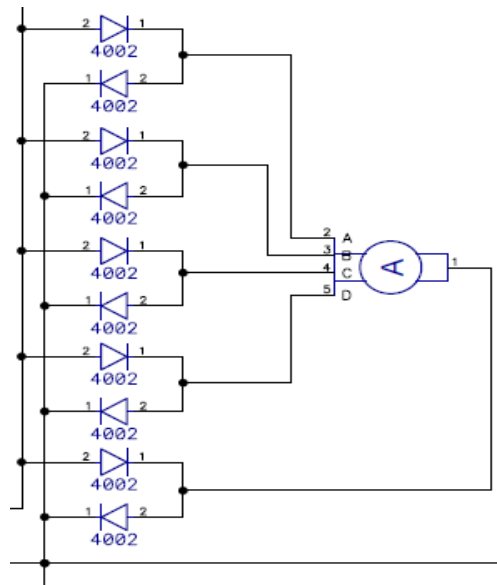


**Gambar 3.5** Skematik ATmega 16

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3.3.4.2 Rectifier

*Rectifier* adalah alat yang berfungsi mengubah sumber arus bolak-balik (*Alternating Current*) menjadi arus searah (*Direct Current*). Rangkaian *rectifier* ini pada umumnya menggunakan Dioda sebagai komponen utamanya. (Sandi,2015). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut ini; terlampir di lampiran 21.

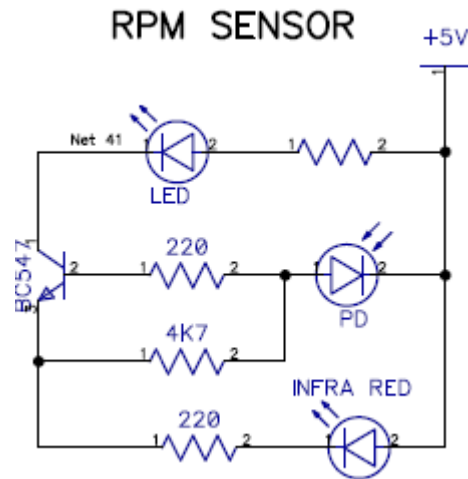


**Gambar 3.6.** Skematik Rectifier

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3.3.4.3 Sensor RPM

Sensor RPM pada maket ini berfungsi untuk mengetahui seberapa cepat putaran yang dihasilkan dari kecepatan angin yang bervariasi. Gambar skematik sensor RPM dapat dilihat pada gambar 3.7 di bawah ini; terlampir di lampiran 21.

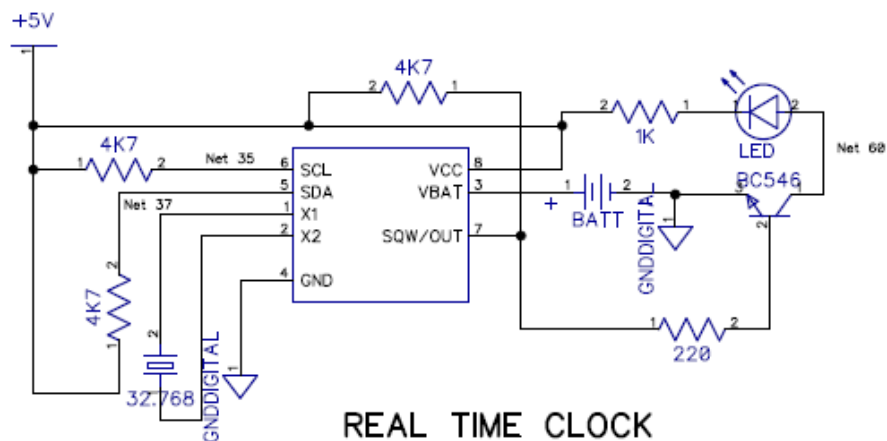


**Gambar 3.7.** Skematik sensor RPM

Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 3.3.4.4 Real Time Clock

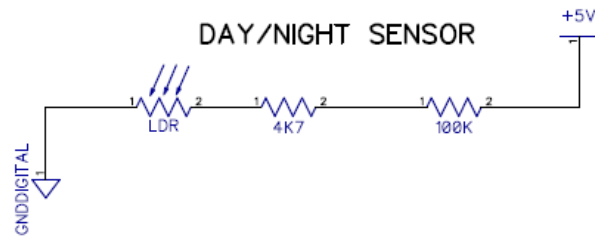
RTC (*Real Time Clock*) merupakan sebuah IC yang memiliki fungsi untuk menghitung jam, menit, dan detik. Gambar skematik dapat dilihat pada gambar 3.8 di bawah ini; terlampir di lampiran 21.



**Gambar 3.8.** Skematik *Real Time Clock*

Sumber : Dokumentasi Pribadi



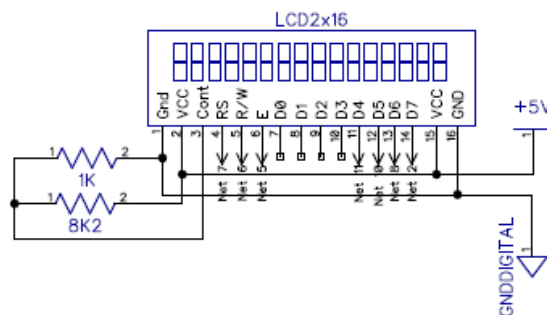


**Gambar 3.10.** Skematik Sensor LDR

Sumber : Dokumentasi Pribadi

### 3.3.4.7 LCD Sebagai Monitoring Alat

*Liquid Cristal Display* (LCD) pada maket ini berfungsi untuk menampilkan dan membaca perintah yang diberikan oleh perangkat input dan output dari sistem. LCD ini deprogram oleh sistem mikrokontroler menggunakan jenis IC ATmega 16. Gambar skematik LCD dapat dilihat pada gambar 3.11 di bawah ini; terlampir di lampiran 21.



**Gambar 3.11.** Skematik LCD

Sumber : Dokumentasi Pribadi



### **3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data**

Teknik pengambilan data yang digunakan oleh peneliti melalui metode eksperimen dan pengukuran. Menurut Solso & Maclin (2002), penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang di dalamnya ditemukan minimal satu variabel yang di manipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat. Oleh karena itu, penelitian eksperimen erat kaitannya dalam menguji suatu hipotesis dalam rangka mencari pengaruh, hubungan, maupun perbedaan perubahan terhadap kelompok yang dikenakan perlakuan. pengukuran dan observasi.

Pencatatan hasil pengukuran dilakukan dalam formulir-formulir yang telah disediakan dalam bentuk lajur-lajur atau bentuk lainnya sesuai dengan kebutuhan pengukuran yang dilakukan sebagaimana kegiatan yang diukur dilakukan.

#### **3.4.1 Pengujian Alat**

#### **3.4.2 Pengujian Tegangan Tanpa Beban Sudu 3**

Pengujian tersebut dilakukan di *Roft IDB* mulai pukul 10.00-16.00. dikarenakan alat tersebut menggunakan tiga macam jenis sudu yaitu sudu 3, sudu 6 dan sudu 9. Dikarenakan memakan waktu yang lama pada saat bongkar pasang sudu, maka peneliti melakukan pengamatan satu hari satu macam jenis sudu dan dilakukan secara bertahap selama beberapa hari.

Dalam penelitian ini peneliti ingin mengukur tegangan yang keluaran dari masing-masing sudu. Pada pengukuran di hari kedua peneliti mengukur tegangan pada jenis sudu tiga. adapun langkah-langkah pengujian alat sebagai berikut :

1. Melakukan perakitan sudu 3 dan membuat seluruh badan sudu agar kokoh dari terpaan angin.
2. Mendirikan tiang peyangga berserta shaft sudu agar tidak mudah goyah.

3. Menyambungkan kabel output motor stepper ke mikrokontroler.
4. Menempatkan anemometer .
5. Mengukur kecepatan rpm dengan tachometer
6. Mengukur tegangan output dengan menggunakan avometer
7. Melakukan pengukuran tiap 20 menit.
8. Mencatat hasil pengukuran.

**Tabel 3.1.** Pengukuran Tegangan dan Kecepatan Putar Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Beban Sudu 3 (Pada hari ke-1)

No	Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (v)	Keterangan

Tabel 3.1 digunakan untuk mendapatkan data hasil pengukuran pada pukul berapa kecepatan angin maksimum, kecepatan angin minimum, dan kecepatan angin rata-rata, serta disaat kecepatan angin berapakah tegangan mencapai titik maksimum dan minimum. Dari hasil pengukuran terhadap sudu 3 nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran terhadap sudu 6 dan sudu 9.

### 3.4.3 Pengujian Tegangan Tanpa Beban Sudu 6

Setelah melakukan pengamatan pada jenis sudu tiga maka pada hari berikutnya peneliti mengukur tegangan tanpa beban yang dihasilkan oleh jenis sudu 6, tahapan demi tahapan pun sama halnya seperti pada saat pengukuran jenis sudu 3. Waktu pengujian sama seperti sebelumnya yaitu mulai pukul 10.00-16.00 WIB. Adapun langkah-langkah pengujian alat sebagai berikut :

1. Melakukan perakitan sudu 6 dan membaut seluruh badan sudu agar kokoh dari terpaan angin.
2. Mendirikan tiang peyangga berserta shaft sudu agar tidak mudah goyah.
3. Menyambungkan kabel output motor stepper ke mikrokontroler.
4. Menempatkan anemometer.
5. Mengukur tegangan output dengan menggunakan avometer
6. Melakukan pengukuran tiap 20 menit.
7. Mencatat hasil pengukuran.

**Tabel 3.2.** Pengukuran Tegangan Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Beban Sudu 6  
(Pada hari ke-2)

No	Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (v)	Keterangan

Tabel 3.2 digunakan untuk mendapatkan data hasil pengukuran pada pukul berapa kecepatan angin maksimum, kecepatan angin minimum, dan kecepatan angin rata-rata, serta disaat kecepatan angin berapakah tegangan mencapai titik maksimum dan

minimum. Dari hasil pengukuran terhadap sudu 6 nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran terhadap sudu 3 dan sudu 9.

#### **3.4.4 Pengujian Tegangan Tanpa Beban Sudu 9**

Setelah melakukan pengamatan pada jenis sudu tiga maka pada hari berikutnya peneliti mengukur tegangan tanpa beban yang dihasilkan oleh jenis sudu 9, tahapan demi tahapan pun sama halnya seperti pada saat pengukuran jenis sudu 3 dan 6. Waktu pengujian sama seperti sebelumnya yaitu mulai pukul 10.00-16.00 WIB. Adapun langkah-langkah pengujian alat sebagai berikut :

1. Melakukan perakitan sudu 6 dan membuat seluruh badan sudu agar kokoh dari terpaan angin.
2. Mendirikan tiang peyangga beserta shaft sudu agar tidak mudah goyah.
3. Menyambungkan kabel output motor stepper ke mikrokontroler.
4. Menempatkan anemometer .
5. Mengukur kecepatan putar dengan menggunakan tachometer
6. Mengukur tegangan output dengan menggunakan avometer
7. Melakukan pengukuran tiap 20 menit.
8. Mencatat hasil pengukuran.

**Tabel 3.3.** Pengukuran Tegangan Terhadap Kecepatan Angin Tanpa Beban Sudu 9  
(pada hari ke-3)

No	Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (v)	Keterangan

Tabel 3.3 digunakan untuk mendapatkan data hasil pengukuran pada pukul berapa kecepatan angin maksimum, kecepatan angin minimum, dan kecepatan angin rata-rata, serta disaat kecepatan angin berapakah tegangan mencapai titik maksimum dan minimum. Dari hasil pengukuran terhadap sudu 9 nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran terhadap sudu 3 dan sudu 6.

### 3.4.5 Pengujian Tegangan dan Arus

Pengujian dilakukan saat *turbin* berputar dan diukur output tegangannya dengan menggunakan avometer yang dihubungkan ke *accu* dan ke beban lampu LED yang ada di maket. Pengukuran dilakukan tiap 20 menit. untuk mengetahui besar tegangan dan arus yang keluar dari *turbine*, karena besar tegangan dan arus sangat ditentukan oleh kecepatan angin. Untuk tegangannya dibuat seri dan untuk arusnya dibuat paralel.

**Tabel 3.4** Pengujian Pengukuran Tegangan dan Arus pada Sudu 3 (Pada Hari Ke-4)

No	Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (v)	Arus (A)	Keterangan

**Tabel 3.5** Pengujian Pengukuran Tegangan Dan Arus Pada Sudu 6 (pada hari ke5)

No	Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Keterangan

**Tabel 3.6** Pengujian Pengukuran Tegangan Dan Arus Pada Sudu 9 ( pada hari ke-6)

No	Waktu (jam)	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (v)	Arus (A)	Keterangan

### 3.4.6 Pengujian Pengisian Tegangan *Accu* Terhadap Beban

Dalam pengisian *Accu*, peneliti melakukan pengujian menggunakan satu macam jenis sudu, pemilihan jenis sudu yang dipakai dalam pengisian *accu* yaitu tergantung terhadap pengukuran ketiganya, yang mana dari hasil pengukuran ketiganya dapat menghasilkan tegangan paling maksimum maka itulah yang dijadikan sebagai jenis sudu dalam pengisian *accu*. Dalam pengujian pengisian *accu* pengukuran dilakukan setiap 20 menit mulai pukul 11.00-16.00 WIB. Kriteria pengujian dan pengosongan aki dilakukan setelah aki telah terisi penuh yaitu sebagai berikut:

1. Memasang kabel dari *accu* ke *charge control*
2. Menyiapkan multimeter digital
3. Melakukab pengukuran
4. Mencatat hasil pengukuran

**Tabel 3.7** Pengujian Pengukuran Pengisian *Accu*

No	Waktu ( Jam )	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan (v)

### 3.4.7 Pengujian Pengosongan Tegangan *Accu* Terhadap Beban

**Tabel 3.8** Pengujian Pengukuran Pengosongan *Accu*

No	Waktu ( Jam )	Tegangan (v)

### 3.5. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis data eksperimen dan pengukuran. Dengan melakukan pengukuran di setiap objek yang akan di uji, mencatat setiap hasil objek yang diamati. yang kemudian hasil daripada data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, serta menjelaskannya secara naratif.