

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan bagian yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari pada masyarakat dan alam sekitar, karena hampir semua aktivitas manusia selalu membutuhkan energi. Dalam energi ini digunakan untuk pertanian, perkebunan, penerangan dan proses perindustrian dalam pengoperasian alat.

Kebutuhan listrik semakin lama semakin bertambah dan semakin besar yang bersumber dari pembangkit dengan sumber energi fosil berupa batu bara. Sumber energi fosil ini merupakan energi yang tak terbarukan, sehingga ketersediaan sumber fosil ini semakin lama akan semakin habis.

Dalam tulisan ini penulis mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Angin sebagai pemanfaatan energi terbarukan yang bisa dijadikan sebagai unggulan. Pengkajian secara mendalam mengenai pembangkit listrik tenaga angin harus selalu dikembangkan, sehingga setiap daerah yang mempunyai potensi bisa menjadi daerah mandiri. Pembangkit Listrik Tenaga Angin akan bekerja berdasarkan kekuatan angin yang ada, kondisi angin ini tidak selalu tetap, terkadang sangat kuat dan terkadang juga lemah, kondisi ini mempengaruhi tingkat kekuatan dari pembangkit listrik tenaga angin dalam menghasilkan energi listrik. Kondisi angin yang tidak stabil ini mempersulit untuk mengetahui nilai dari daya, arus dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin ini.

Berdasarkan hal hal tersebut penulis merancang suatu alat monitoring data pembangkit listrik tenaga angin. Alat monitoring data ini berbasis mikrokontroler Atmega32 suatu alat monitoring yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Keluaran dari alat monitoring data ini meliputi tegangan, arus, daya dan kecepatan angin yang kemudian ditampilkan pada LCD. Alat monitoring data ini dibuat dengan harapan dapat mempermudah pembacaan data dari keluaran pembangkit listrik tenaga angin.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah yang diamati dalam perancangan ini ialah :

Permasalahan yang muncul dari pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin terdapat pada alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan angin yang masih menggunakan alat ukur analog. Jadi perancangan alat monitoring ini menggunakan alat monitoring yang multiguna di Pembangkit Listrik Tenaga Angin yg di rancang.

1.3. Tujuan penulisan

Tujuan perancangan / penulisan ini :

Mengetahui tahap perancangan dan cara kerja alat monitoring tegangan, arus, daya dan kecepatan angin berbasis mikrokontroler Atmega32 di Pembangkit Listrik Tenaga Angin

1.4. Metode Pemecahan Masalah

Adapun metode pemecahan masalah pada perancangan ini :

1. Melakukan studi literature mengenai judul/topik pembahasan yang akan dirancang
2. Merancang alat/protipe yang akan dibuat
3. Melakukan pengujian setelah alat dirancang
4. Melakukan implementasi/dijalankan setelah pengujian dilakukan

1.5. Batasan Masalah

Penulisan ini memiliki beberapa batasan masalah, yaitu :

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler Atmega32
2. Kincir angin menggunakan sumbu Horizontal

1.6. Kontribusi penulisan

Kontribusi yang diharapkan dari penulisan ini :

1. Mempermudah pembacaan parameter-parameter tegangan, arus, daya dan kecepatan angin.

2. Menambah pengetahuan mahasiswa mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Angin berbasis mikrokontroler Atmega32.
3. Dapat menjadi referensi dalam pengembangan kreatifitas mahasiswa.
4. Dapat dikembangkan ke arah yang lebih baik setelah melihat hasil perancangan alat monitoring data Pembangkit Listrik Tenaga Angin.

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan teori pendukung yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

Bab ini berisikan tentang perancangan dan pembuatan sistem dalam keseluruhan, berisikan tentang proses perancangan dan pembuatan alat, mulai dari perancangan pembuatan sistem secara hardware atau software.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil pengujian dan rangkaian, akan dibahas hasil analisa dari rangkaian dan sistem kerja alat, penjelasan mengenai rangkaian-rangkaian yang digunakan dan penjelasan mengenai program.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang meliputi tentang kesimpulan dan saran dari bab-bab sebelumnya dan juga sebagai penutup dari tugas akhir ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Kincir Angin

Pembangkit listrik tenaga angin, memanfaatkan energi angin sebagai sumber energinya. Pemanfaatan energi angin ini yaitu menggunakan kincir angin lalu dihubungkan menggunakan generator ataupun turbin. Setelah itu, proses yang dilakukan akan menghasilkan tenaga listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Energi angin merupakan bentuk yang jauh berkelanjutan bebas dengan polusi energi. Pemanfaatan angin ini memang sangat disarankan karena jumlahnya yang tidak terbatas dan juga melimpah. Pemanfaatan energi angin ini sangat menarik karena tidak perlu menggunakan bahan bakar sebagai sumber energi. Tidak hanya itu, pemanfaatan energi angin ini juga tidak memberikan hasil gas rumah kaca dan juga limbah ataupun racun yang berlebihan. Energi ini berasal dari energi kinetik yang dikonversi dan hadir dalam bentuk angin. Kemudian angin diolah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat atau berguna.

Ada dua jenis kincir angin yang umum digunakan saat ini, yaitu berdasarkan arah poros berputar (sumbu) : turbin angin sumbu horisontal dan turbin angin sumbu vertikal.

2.2. Cara kerja tenaga angin

Awalnya energi angin memutar turbin angin, turbin angin bekerja berkebalikan dengan kipas angin (bukan menggunakan listrik untuk menghasilkan angin, namun menggunakan angin untuk menghasilkan listrik). Kemudian angin akan memutar sudut turbin, lalu diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian 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 disekeliling poros terdapat stator yang bentuk fisisnya adalah kumparan-kumparan kawat yang berbentuk loop.

Ketika poros motor mulai berputar, maka akan terjadi perubahan fluks pada stator, dari perubahan fluks ini yang akhirnya akan dihasilkan tegangan dan arus tertentu. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan ini disalurkan melalui kabel jaringan untuk digunakan. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat digunakan atau dimanfaatkan.

2.2.1 *Blade wind turbine* Sumbu Horisontal

Kebanyakan turbin angin yang digunakan saat ini adalah tipe sumbu horisontal. Turbin angin sumbu horisontal memiliki bilah baling-baling seperti di pesawat. Turbin angin jenis ini memiliki shaft rotor dan generator pada puncak tower dan harus diarahkan ke arah angin bertiup.



Gambar 2.1. *Blade wind turbine* Sumbu Horizontal

Berdasarkan penjelasan tentang *wind turbine* sumbu horizontal berikut kekurangan dan kelebihan dari jenis turbin angin poros horizontal tersebut.

Kekurangan turbin angin horizontal :

1. Membutuhkan konstruksi tower yang besar untuk mendukung beban gear box, blade dan juga generator.
2. Membutuhkan sistem pengereman untuk mencegah turbin mengalami kerusakan pada turbin ketika ada angin kencang.
3. Membutuhkan pengawasan dan kontrol secara berkala untuk mengarahkan blade ke arah angin.

Kelebihan turbin angin horizontal :

1. Tower-nya yang tinggi memungkinkan untuk mendapatkan angin dengan kekuatan yang lebih besar untuk mendapatkan energi.
2. Efisiensi lebih tinggi. Hal ini dikarenakan blade selalu bergerak tegak lurus terhadap angin.

2.2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Jenis turbin angin yang kedua adalah turbin angin poros vertikal. Turbin angin jenis ini memiliki bilah yang memanjang dari atas ke bawah. Turbin angin vertikal biasanya berdiri setinggi 100 meter dengan lebar 50 kaki. Dengan sumbu vertikal, generator dan komponen primer lainnya dapat ditempatkan dengan permukaan tanah, sehingga tentu saja ini dapat mempermudah maintenance lebih mudah. Jika dibandingkan dengan turbin angin poros horizontal, turbin angin ini memiliki kecepatan yang lambat, sehingga energi angin yang tersedia pun lebih rendah.



Gambar 2.2. *Blade wind turbine* Sumbu Vertikal

Kekurangan turbin angin poros vertical :

1. Memiliki penurunan efisiensi. Jika dibandingkan dengan turbin angin poros horizontal, turbin angin poros vertikal memiliki penurunan efisiensi. Hal ini dikarenakan adanya hambatan tambahan yang mereka miliki sebagai pisau memutar ke angin.

2. Memiliki kecepatan angin yang rendah. Yang kedua adalah jenis memiliki kecepatan angin yang rendah. Karena turbin angin poros vertikal memiliki rotor dekat dengan tanah.

Kelebihan turbin angin poros vertikal:

1. Yang pertama adalah turbin angin tidak memerlukan perawatan yang ekstra. Sehingga tidak membutuhkan biaya yang lebih banyak untuk merawatnya.
2. Yang kedua adalah turbin angin juga sangat mudah dirawat karena letaknya yang dekat dengan tanah.

2.3 Data Logger

Data logger (perekam data) adalah sebuah alat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu baik yang terintegrasi dengan sensor dan instrumen didalamnya maupun eksternal sensor dan instrumen. Atau secara singkat data logger adalah alat untuk melakukan data logging. Biasanya ukuran fisiknya kecil, bertenaga baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor, memori internal untuk menyimpan data dan sensor. Beberapa *data logger* diantarmukakan dengan komputer dan menggunakan *software* untuk mengaktifkan *data logger* untuk melihat dan menganalisa data yang terkumpul, sementara yang lain memiliki peralatan antarmuka sendiri (*keypad* dan *LCD*) dan dapat digunakan sebagai perangkat yang berdiri sendiri (*Stand-alone device*). Salah satu keuntungan menggunakan *data logger* adalah kemampuannya secara otomatis mengumpulkan data setiap 24 jam. Setelah diaktifkan, *data logger* digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur serta merekam informasi selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif tentang kondisi lingkungan yang dipantau.

2.3.1 Tegangan

Tegangan yang diukur pada alat monitoring data logger adalah tegangan DC. Tegangan DC merupakan tegangan arus searah. Tegangan arus searah adalah arus listrik yang mengalir pada suatu hantaran yang tegangannya berpotensi tetap dan tidak berubah-ubah. Listrik DC adalah listrik yang original, artinya

listrik dasar yang dapat dihasilkan dari sumber-sumber susunan material alam. Tegangan DC arus listrik ini bergerak dari kutub yang selalu sama, yaitu dari kutub positif ke kutub negative dan polaritas arus ini selalu tetap. Sumber arus searah misalnya aki, baterai, beberapa jenis elemen dan generator searah. Tegangan DC sumber arus ini biasanya ditandai adanya kutub positif dan kutub negatif.

2.3.2 Arus Listrik

Arus listrik adalah aliran dari muatan listrik dari satu titik ke titik yang lain. Arus listrik terjadi karena adanya media penghantar antara dua titik yang mempunyai beda potensial. Semakin besar beda potensial listrik antara dua titik tersebut maka semakin besar pula arus yang mengalir. Dari aliran arus listrik inilah diperoleh tenaga listrik yang disebut dengan daya. Satuan kuat arus dinyatakan dalam Ampere atau disingkat dengan huruf A besar. Nilai kuat arus sebesar 1 Ampere adalah aliran muatan listrik sejumlah 1 Coloumb dalam waktu 1 detik. Muatan listrik adalah satuan terkecil dari atom. Dalam inti atom terdapat muatan positif yang disebut proton dan muatan netral yang disebut neutron. Sedangkan pada kulit atom terdapat muatan negatif yang disebut elektron. Satuan kuat arus yang lebih besar bisa dinyatakan dalam kiloAmpere disingkat kA ($1\text{kA}=1000\text{A}$) dan untuk satuan yang lebih kecil bisa dinyatakan dalam miliAmpere disingkat mA ($1\text{mA}=1/1000\text{A}$).

1. Arus Searah (DC)

Arus searah mengalir secara searah dari titik yang memiliki potensial tinggi ke titik yang memiliki potensial lebih rendah. Meskipun sebenarnya yang mengalir adalah elektron (muatan negatif) namun disepakati bahwa yang mengalir adalah arus positif, dari kutub positif ke kutub negatif. Jika dilihat bentuk gelombangnya dengan oscilloscope, arus searah terlihat sebagai garis lurus.

2. Arus Bolak-balik (AC)

Sedangkan arus bolak-balik memiliki aliran arus yang berubah-ubah arahnya. Perubahan arah arus bolak-balik ini mengikuti garis waktu sehingga jika dilihat dengan oscilloscope, arus bolak-balik membentuk sebuah gelombang

dengan frekuensi tertentu. Bentuk gelombang arus bolak-balik ada yang beraturan dan tidak beraturan.

2.3.3 Daya

Daya listrik merupakan bagian dari besarnya beda potensial, kuat arus, hambatan dan waktu. Satuan daya adalah joule/sekon atau volt × ampere atau lebih umum disebut watt, karena watt merupakan satuan Sistem Internasional. Oleh karena itu daya dapat dirumuskan dengan rumus yang ditunjukkan pada persamaan 2.1 :

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

W = Usaha (Joule)

t = Waktu (Sekon)

Berdasarkan persamaan (2.1) dapat disimpulkan bahwa daya ini terdapat pada tegangan searah atau bolak-balik. Akan tetapi dari perbedaan tersebut daya pada tegangan DC berbeda dengan tegangan AC. Oleh karena itu rumus yang digunakan untuk menentukan daya pada tegangan DC ditunjukkan pada persamaan (2.2), persamaan (2.3) dan persamaan (2.4) sebagai berikut :

$$P = I^2 R \dots\dots\dots (2.2)$$

$$P = V^2 R \dots\dots\dots (2.3)$$

$$P = V \times I \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

I = Arus (Amper)

V = Tegangan (Volt)

P = Daya (Watt)

R = Hambatan (Ohm)

Ketiga rumus tersebut merupakan rumus untuk menentukan daya yang terpakai dalam suatu beban. Daya ini timbul jika terdapat arus yang mengalir pada loop tertutup.

2.4 ATmega32

Microcontroller adalah sebuah alat pengendali (*controller*) berukuran mikro atau sangat kecil yang dikemas dalam bentuk chip. *Microcontroller* data dijumpai

dalam hampir semua alat elektronik yang kompleks. Dari alat rumah tangga seperti mesin cuci hingga robot-robot mainan cerdas. Sebuah *microcontroller* pada dasarnya bekerja seperti sebuah *microprocessor* pada komputer. Keduanya memiliki sebuah CPU yang menjalankan instruksi program, melakukan logika dasar, dan pemindahan data.

Namun agar dapat digunakan, sebuah *microprocessor* memerlukan tambahan komponen, seperti memori untuk menyimpan program dan data, juga *interface input-output* untuk berhubungan dengan dunia luar. Sebuah *microcontroller* telah memiliki memori dan *interface input-output* didalamnya, bahkan beberapa *microcontroller* memiliki ADC yang dapat menerima masukan sinyal analog secara langsung. Karena berukuran kecil, murah, dan menyerap daya yang rendah, mikrokontroler merupakan alat kontrol yang paling tepat untuk “ditanamkan” dari berbagai peralatan.

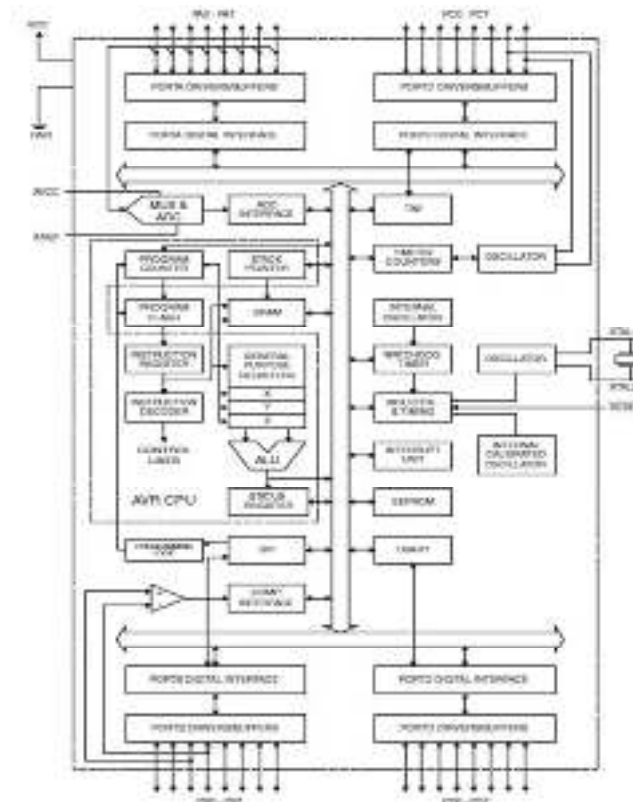
Microcontroller AVR merupakan pengontrol utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang dimilikinya yaitu murah, dukungan *software* dan dokumentasi yang memadai, dan memerlukan komponen yang sangat sedikit. Salah satu tipe *microcontroller AVR* untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan adalah ATmega32. Sebetulnya ada banyak jenis *microcontroller* lain seperti ATmega8535 dan ATmega8.

Penggunaan *microcontroller* ini disesuaikan dengan kebutuhan misalnya apabila hanya membutuhkan *input-output* yang sedikit maka sebaiknya menggunakan *microcontroller ATmega8* karena lebih irit biaya. Namun apabila membutuhkan *input-output* yang jumlahnya banyak maka sebaiknya menggunakan ATmega32 atau ATmega8535. Tetapi diantara kedua *microcontroller* ini ATmega32 memiliki kelebihan ukuran RAM yang relatif cukup besar dan EEPROM sebesar 1 KB.

Mikrokontroler AVR ATmega32 merupakan CMOS dengan konsumsi daya rendah, mempunyai 8-bit proses data (CPU) berdasarkan arsitektur AVR RISC. Dengan mengeksekusi instruksi dalam satu (siklus) clock tunggal, ATmega32 memiliki kecepatan data rata-rata (*throughputs*) mendekati 1 MIPS per MHz, yang memungkinkan perancang sistem dapat mengoptimalkan konsumsi daya dan kecepatan pemrosesan. Arsitektur AVR ini menggabungkan perintah secara efektif dengan 32 register umum. Semua register tersebut langsung terhubung

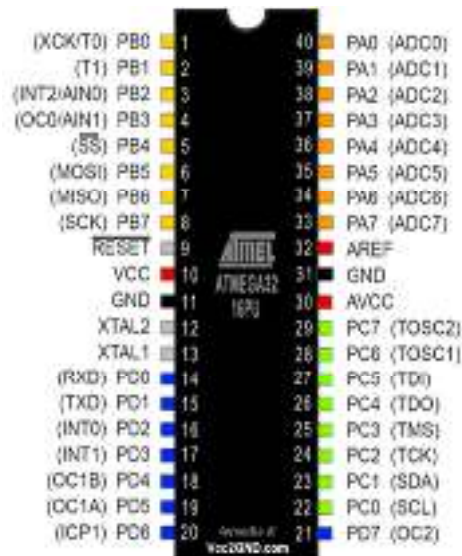
dengan *Arithmetic Logic Unit (ALU)* yang memungkinkan 2 register terpisah diproses dengan satu perintah tunggal dalam satu *clock cycle*. Hal ini menghasilkan kode yang efektif dan kecepatan prosesnya 10 kali lebih cepat dari pada mikrokontroler CISC biasa.

Berikut adalah blok diagram *Mikrokontroler AVR ATmega32*



Gambar 2.3. Blok diagram Mikrokontroler AVR ATmega32

Konfigurasi Pin Mikrokontroler AVR ATmega32



Gambar 2.4. Konfigurasi Pin Mikrokontroler AVR ATmega32

Secara fungsional konfigurasi pin ATmega32 adalah sebagai berikut:

1. VCC (Tegangan Sumber)

VCC merupakan tegangan sumber yang dibutuhkan oleh *microcontroller*.

2. GND (Ground)

Ground

3. Port A (PA7 – PA0)

Port A adalah 8-bit port I/O yang bersifat *bi-directional* dan setiap pin memiliki *internal pull-up resistor*. *Output buffer port A* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port A* digunakan sebagai *input* dan di *pull-up* secara langsung, maka *port A* akan mengeluarkan arus jika *internal pull-up resistor* diaktifkan. Pin-pin dari *port A* memiliki fungsi khusus yaitu dapat berfungsi sebagai *channel ADC (Analog to Digital Converter)* sebesar 10 bit.

Tabel 2.1. Fungsi Pin I/O Port A pada ATmega 32

Port	Alternate Function
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)

PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)

4. Port B (PB7 – PB0)

Port B adalah 8-bit port I/O yang bersifat *bi-directional* dan setiap pin mengandung *internal pull-up resistor*. *Output buffer port B* dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika *port B* digunakan sebagai *input* dan di *pull-down* secara *external*, *port B* akan mengalirkan arus jika *internal pull-up resistor* diaktifkan.

Pin-pin port B memiliki fungsi-fungsi khusus, diantaranya :

1. *SCK port B, bit 7*

Input pin clock untuk up/downloading memory.

2. *MISO port B, bit 6*

Pin output data untuk uploading memory.

3. *MOSI port B, bit 5*

Pin input data untuk downloading memory.

Tabel 2.2. Fungsi Pin I/O Port B pada ATmega 32

Port	Alternate Function
<i>PB7</i>	<i>SCK (SPI Bus Serial Clock)</i>
<i>PB6</i>	<i>MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)</i>
<i>PB5</i>	<i>MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)</i>
<i>PB4</i>	<i>MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)</i>
<i>PB3</i>	<i>AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OCO (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)</i>

<i>PB2</i>	<i>AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)</i>
<i>PB1</i>	<i>T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)</i>
<i>PB0</i>	<i>T0 (Timer/Counter External Counter Input) XCK USART External Clock Input/Output)</i>

5. Port C (PC7 – PC0)

Port C adalah 8-bit port I/O yang berfungsi *bi-directional* dan setiap pin memiliki *internal pull-up resistor*. Output buffer port C dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port C digunakan sebagai input dan di *pull-down* secara langsung, maka port C akan mengeluarkan arus jika *internal pull-up resistor* diaktifkan.

Tabel 2.3. Fungsi Pin I/O Port C pada ATmega 32

Port	Alternate Function
PC7	<i>TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)</i>
PC6	<i>TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)</i>
PC5	<i>TD1 (JTAG Test Data In)</i>
PC4	<i>TD0 (JTAG Test Data Out)</i>
PC3	<i>TMS (JTAG Test Mode Select)</i>
PC2	<i>TCK (JTAG Test Clock)</i>
PC1	<i>SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)</i>
PC0	<i>SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)</i>

6. Port D (PD7 – PD0)

Port D adalah 8-bit port I/O yang berfungsi *bi-directional* dan setiap pin memiliki *internal pull-up resistor*. Output buffer port D dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port D digunakan sebagai input dan di *pull-down* secara langsung, maka port D akan mengeluarkan arus jika *internal pull-up resistor* diaktifkan.

Tabel 2.4. Fungsi Pin I/O Port D pada ATmega 32

Port	Alternate Function
<i>PD7</i>	<i>OC2 (Timer / Counter2 Output Compare Match Output)</i>
<i>PD6</i>	<i>ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)</i>
<i>PD5</i>	<i>OCIB (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)</i>
<i>PD4</i>	<i>TD0 (JTAG Test Data Out)</i>
<i>PD3</i>	<i>INT1 (External Interrupt 1 Input)</i>
<i>PD2</i>	<i>INT0 (External Interrupt 0 Input)</i>
<i>PD1</i>	<i>TXD (USART Output Pin)</i>
<i>PD0</i>	<i>RXD (USART Input Pin)</i>

7. Reset Input

Masukan ulang. Suatu tingkat rendah pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menghasilkan *reset*, bahkan jika *clock* tidak berdetak. Pulsa pendek tidak dijamin untuk menghasilkan *reset*.

8. XTAL1

Masukan ke dalam penguat *inverting* oskilator dan masukan kedalam *clock internal* rangkaian pengoperasian.

9. XTAL2

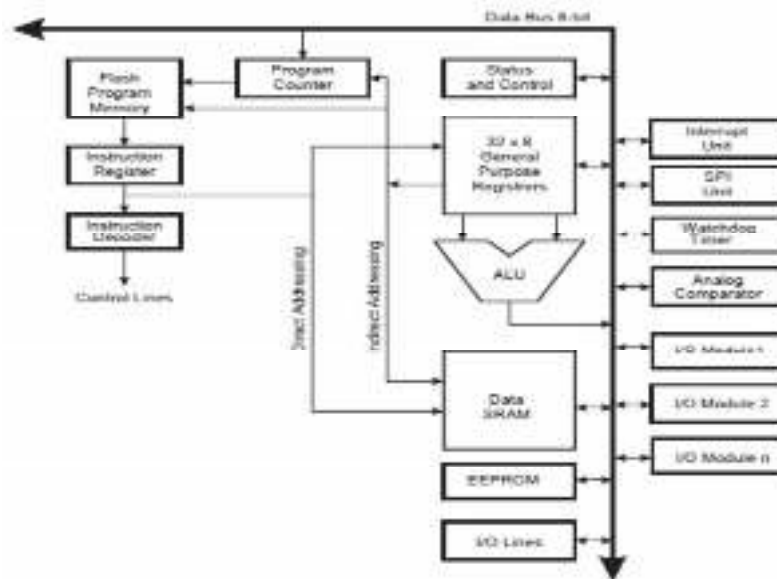
Keluaran dari penguat *inverting* oskilator.

10 AVCC

AVCC adalah pin tegangan suplai untuk *port A* dan *analog digital* konverter. Pin ini harus dihubungkan eksternal ke VC, meslipun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, pin ini harus dihubungkan ke VCC.

11. AREF

AREF adalah pin tegangan referensi *analog* untuk A/D Converter.



Gambar 2.5. Arsitektur ATmega32

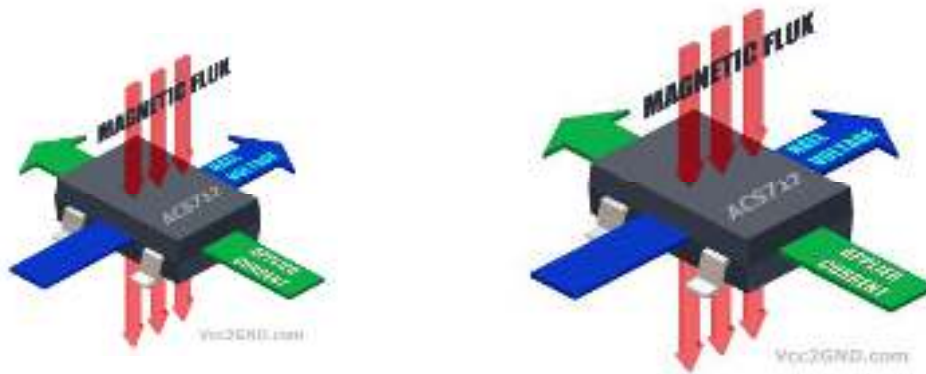
2.5 Sensor Arus



Gambar 2.6. Sensor Arus

Arus 5 *Ampere* ini merupakan modul sensor untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal menggunakan *current sensor chip* ACS712-5 yang memanfaatkan efek *Hall*. Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 5A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara *linear* mulai dari 2,5 Volt ($\frac{1}{2} \times VCC$, tegangan catu daya $VCC = 5V$) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +5A atau 0,5V pada arus sebesar -5A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau di atas 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi *linear* terhadap

besar arus sebesar 400mV/Ampere . Efek *Hall* adalah fenomena fisika dimana aliran listrik / elektron dalam pelat konduktor terpengaruh oleh paparan medan magnet. Secara sederhana pemanfaatan efek *Hall* oleh IC ACS712 ini dapat digambarkan sebagai berikut:



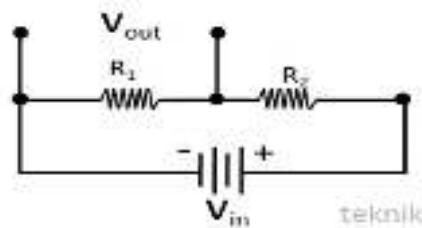
Gambar 2.7. Efek *Hall* oleh ACS712

Beberapa fitur penting dari sensor arus ACS-712 ELC05B adalah :

1. Jalur sinyal analog yang rendah *noise*.
2. *Bandwidth* perangkat diatur melalui pin FILTER yang baru.
3. Waktu naik keluaran 5 *mikrodetik* dalam menanggapi langkah masukan aktif.
4. *Bandwith* 50 kHz.
5. Total *error* keluaran 1,5% pada $T_A = 25^\circ$, dan 4% pada -40°C sampai 85°C .
6. Bentuk yang kecil, paket SOIC8 yang kompak.
7. Resistansi internal $1.2\text{ m}\Omega$.
8. 2.1 kVRMS tegangan isolasi minimum dari pin 1-4 ke pin 5-8.
9. Operasi catu daya tunggal 5.0 V.
10. Sensitivitas keluaran 66-185 mV/A.
11. Tegangan keluaran sebanding dengan arus AC atau DC.
12. Akurasi sudah diatur oleh pabrik.
13. Tegangan offset yang sangat stabil.
14. *Hysteresis magnetic* hampir mendekati nol.
15. Keluaran *ratioetric* diambil dari sumber daya.

2.6 Sensor Tegangan (rangkaiian pembagi tegangan)

Voltage Divider atau Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang mengubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari Pembagi Tegangan ini 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.



Gambar 2.8. Rangkaian pembagi tegangan

2.7 LCD

Liquid Cristal Display (LCD) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf atau angka. *Liquid Cristal Display* (LCD) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*.

Material *Liquid Cristal Display* (LCD) adalah sebuah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan *indium oksida* dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari *segmen*. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya *vertikal* depan dan *polarizer* cahaya *horisontal* belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

LCD yang digunakan pada alat monitoring data ini menggunakan lcd 16x2. Lcd 16x2 ini merupakan LCD yang terdiri dari 2 baris dan 16 karakter. Bentuk fisik dari Lcd 16x2 ini dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. LCD 16x2

Kontroler LCD (*Liquid Cristal Display*) ini juga sudah dilengkapi dengan modul program LCD (*Liquid Cristal Display*) yang terdapat pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter pada LCD.

2.8 Penyearah

2.8.1 Dioda

Dioda adalah suatu bahan semikonduktor yang tersusun atas ‘pn *junction*’, dan didesain sedemikian rupa sehingga mampu menghasilkan arus pada satu arah saja. Dioda terdiri dari dua kutub, yaitu kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda). Dioda hanya akan menghantarkan arus searah saja, dari kutub anoda ke kutub katoda. Hal ini dikarenakan struktur dioda yang terbuat dari sambungan semikonduktor P dan N.

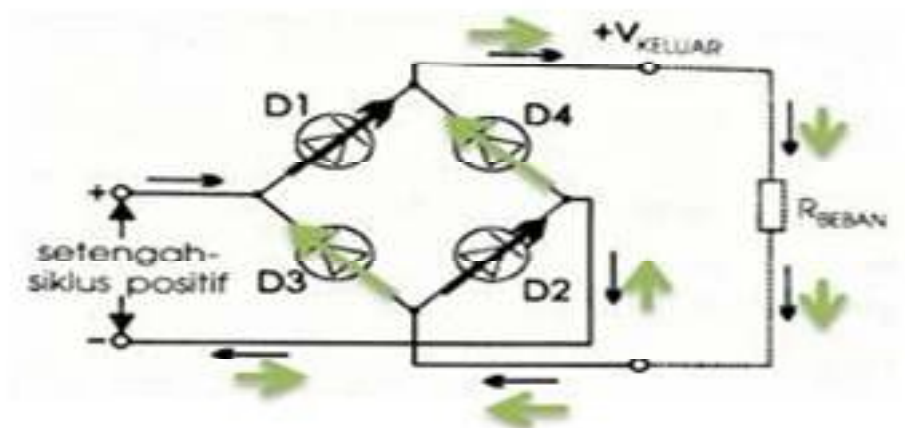


Gambar 2.10. Dioda Penyearah.

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak – balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Komponen yang digunakan rectifier untuk menyearahkan gelombang adalah dioda yang dikonfigurasi forward

bias, karena dioda memiliki karakteristik yang melewatkan arus listrik hanya ke satu arah dan menghambat arus listrik ke arah sebaliknya..

Rangkaian penyearah gelombang penuh yang menggunakan jembatan (*bridge*) dapat dilihat pada Gambar 2.11.

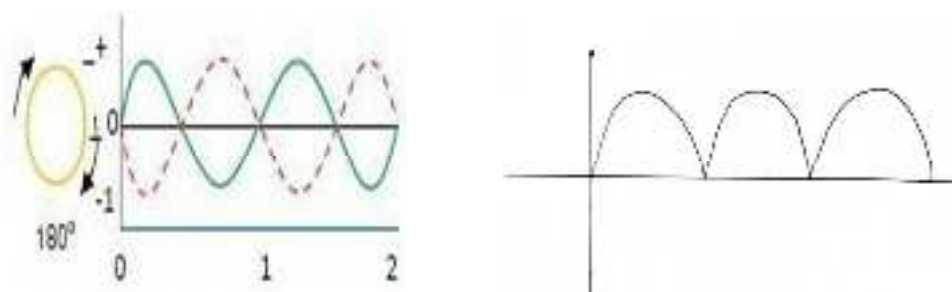


Gambar 2.11. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh.

Panah hijau : Penyearah setengah gelombang siklus positif

Panah hitam : Penyearah setengah gelombang siklus negative

Rangkaian penyearah terdiri dari dioda *bridge*, yaitu empat buah dioda yang dirangkai membentuk sebuah jembatan. Dioda *bridge* digunakan sebagai penyearah arus bolak-balik satu gelombang penuh. Owen Bishop (2002) menyatakan bahwa selama setengah siklus positif, dioda D1 dan dioda D2 diberi bias maju, sehingga keduanya menghantarkan arus. Sementara dioda D3 dan dioda D4 diberi bias mundur sehingga keduanya tidak menghantarkan arus.

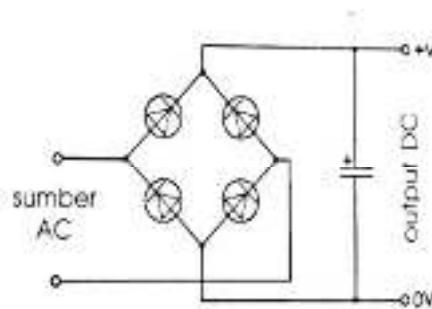


Gambar 2.12 Bentuk Gelombang Output

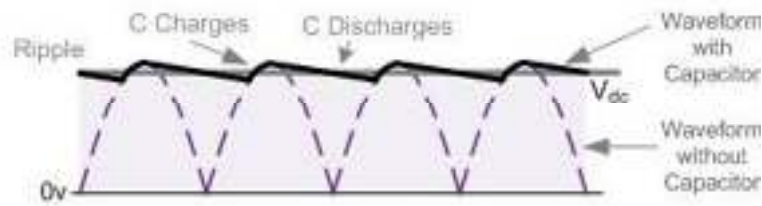
Bentuk gelombang yang terjadi pada *output* dapat dilihat pada gambar 2.12 Pada setengah siklus positif dioda D_1 dan D_3 konduksi *on* dan menghasilkan gelombang *output* setengah siklus seperti pada gambar. Selanjutnya, untuk setengah siklus negatif ($T/2$ dan T), maka D_2 dan D_4 konduksi dan menghasilkan gelombang. Gelombang yang terjadi adalah positif dikarenakan titik A nol dan titik B positif. Faktor *ripple* pada penyearah gelombang penuh lebih kecil daripada penyearah setengah gelombang. Makin kecil faktor *ripple* maka semakin baik tegangan DC yang dihasilkan (tegangan DC semakin datar). Gelombang yang dihasilkan oleh penyearah dioda masih dalam DC denyut dan masih terdapat *ripple*, maka perlu ditambahkan kapasitor sebagai penghilang *ripple*.

2.8.2 Penyaring (Filter)

Kapasitor adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Rangkaian filter adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengurangi faktor *ripple* yang terjadi pada suatu rangkaian penyearah. Penggunaan rangkaian filter ini bertujuan untuk mendapatkan tegangan DC yang rata (*low ripple*) dan mendekati DC murni. Komponen yang digunakan pada rangkaian filter ini adalah kapasitor. Kapasitor memiliki kemampuan untuk pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*), Kemampuan ini yang membuat kapasitor bisa berfungsi untuk mengurangi *ripple* pada arus listrik. Ketika gelombang mengalami penurunan nilai, maka kapistor akan melakukan *discharge* sehingga bentuk gelombang mengalami kestabilan/lurus. Semakin besar nilai kapasitansi suatu kapasitor maka itu semakin baik hasilnya.



Gambar 2.13. Rangkaian filter menggunakan kapasitor.



Gambar 2.14. Gelombang output filter.

Prinsip filter kapasitor adalah Ketika beban menarik arus dari rangkaian, tegangan akan jatuh perlahan-lahaan namun akan kembali lagi ke puncak oleh berikutnya. Hasilnya adalah gelombang DC dengan sedikit riak gelombang.

Kapasitor yang digunakan bernilai 4700 uF atau lebih apabila arus yang ditarik oleh beban tidak terlalu besar, tegangan output yang dihasilkan akan setara gelombang DC murni.

2.9 Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik.

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan. Berikut adalah jenis-jenis kapasitor:

2.9.1 Kapasitor Polar

Sesuai dengan namanya kapasitor ini memiliki polaritas pada kedua kakinya yaitu polaritas positif (+) dan polaritas negatif (-). Kapasitor ini termasuk dalam kelompok kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tetap dan memiliki nilai kapasitas yang besar.



Gambar 2.15. Kapasitor Polar

2.9.2 Kapasitor Variabel

Kapasitor variabel adalah kapasitor yang nilai kapasitas-nya dapat diubah-ubah sesuai keinginan. Oleh karena itu kapasitor ini di kelompokkan ke dalam kapasitor yang memiliki nilai kapasitas yang tidak tetap.



Gambar 2.16. Kapasitor Variabel

2.8.3 Kapasitor Nonpolar

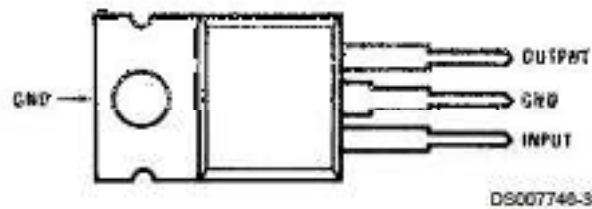
Kapasitor nonpolar merupakan jenis kapasitor yang memiliki kapasitas yang tetap, kapasitor ini memiliki kapasitas yang tidak terlalu besar serta tidak dibedakan antara kaki positif dan negatifnya.



Gambar 2.17. Kapasitor Nonpolar

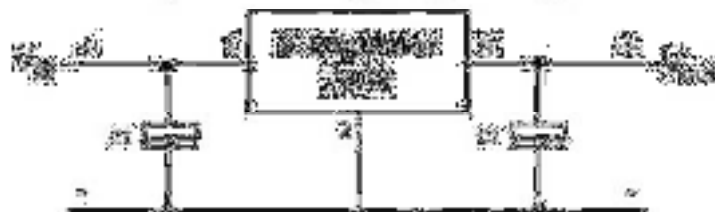
2.10 Voltage Regulator

Regulator merupakan komponen yang berfungsi sebagai filter tegangan agar sesuai yang diinginkan. Regulator berfungsi untuk mengatur kestabilan arus yang mengalir ke rangkaian elektronika. Regulator memiliki seri yang berbeda – beda. Seri LM78XX merupakan seri regulator dengan tiga terminal yang menghasilkan tegangan output tetap XX Volt. Susunan kaki IC Regulator yang digunakan pada catu daya.



Gambar 2.18. Susunan Kaki Ic Regulator 78XX

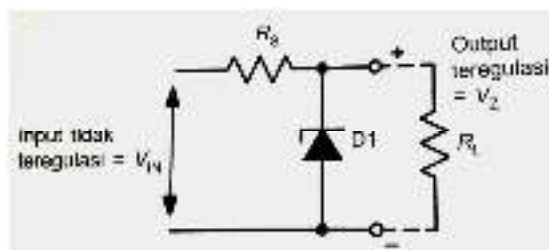
Rangkaian Dasar IC Voltage Regulator (Fixed Voltage Regulator)



Gambar 2.19. Rangkaian Ic *Voltage* Regulator

Regulator tegangan ini menggunakan prinsip dioda zener yang bekerja pada daerah *breakdown*. Dioda zener adalah salah satu jenis dioda yang memiliki sisi

eksklusif pada daerah *breakdown*nya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai stabilizer atau pembatas tegangan. Struktur dioda zener hampir sama dengan dioda pada umumnya, hanya konsentrasi doping saja yang berbeda. Kurva karakteristik dioda zener juga sama seperti dioda pada umumnya, namun pada daerah *breakdown* dimana pada saat bias mundur mencapai tegangan *breakdown* maka arus dioda naik dengan cepat seperti pada gambar karakteristik dioda zener dibawah. Daerah *breakdown* inilah yang menjadi referensi untuk penerapan dari dioda zener. Sedangkan pada dioda biasa daerah *breakdown* merupakan daerah kritis yang harus dihindari dan tidak diperbolehkan pemberian tegangan mundur sampai pada daerah *breakdown*, karena bisa merusak dioda biasa. Titik *breakdown* dari suatu dioda zener dapat dikontrol dengan memvariasi konsentrasi doping. Konsentrasi doping yang tinggi, akan meningkatkan jumlah pengotoran sehingga tegangan zenernya (V_z) akan kecil. Demikian juga sebaliknya, dengan konsentrasi doping yang rendah diperoleh V_z yang tinggi. Pada umumnya dioda zener dipasaran tersedia mulai dari V_z 1,8 V sampai 200 V, dengan kemampuan daya dari $\frac{1}{4}$ hingga 50 W.



Gambar 2.20. Rangkaian Dioda Zener.

Dioda zener dipasang paralel atau *shunt* dengan L dan R. Regulator ini hanya memerlukan sebuah diode zener terhubung seri dengan resistor R_S . Perhatikan bahwa diode zener dipasang dalam posisi reverse bias. Dengan cara pemasangan ini, diode zener hanya akan berkonduksi saat tegangan reverse bias mencapai tegangan *breakdown* dioda zener. Penyearah berupa rangkaian diode tipe jembatan (*bridge*) dengan proses penyaringan atau filter berupa filter-RC. Resistor seri pada rangkaian ini berfungsi ganda. Pertama, resistor ini menghubungkan C1 dan C2 sebagai rangkaian filter. Kedua, kapasitor ini berfungsi sebagai resistor seri untuk regulator tegangan (dioda zener). Diode zener yang dipasang dapat

dengan sembarang dioda zener dengan tegangan breakdown misal dioda zener 9 volt.

Tegangan output transformer harus lebih tinggi dari tegangan breakdown dioda zener, misalnya untuk penggunaan dioda zener 9 volt maka gunakan output transformer 12 volt. Tegangan breakdown dioda zener biasanya tertulis pada body dari dioda tersebut. Rangkaian regulator tegangan ini kemudian dikemas dalam bentuk sirkuit terintegrasi (IC). IC regulator tegangan yang banyak dijumpai di pasaran antara lain IC regulator keluarga 78xx dan LM317.

Jenis / Tipe IC regulator tegangan sebagai berikut :

1. Fixed voltage regulator (78xx/79xx series)

IC Regulator jenis ini merupakan regulator yang tegangan keluaran-nya telah ditentukan sehingga tidak banyak komponen tambahan untuk merangkai regulator menggunakan IC ini. Contoh IC regulator ini yang paling populer adalah keluarga 78xx (positif) dan 79xx (negatif). Tanda “xx” merupakan besar tegangan keluaran yang diatur oleh IC tersebut, misalnya :

7812 / 7912 menghasilkan tegangan keluaran sebesar +12VDC / -12VDC.

7824 / 7924 menghasilkan tegangan keluaran sebesar +24VDC / -24VDC

2. Adjustable voltage regulator (LM317 series)

Adjustable Voltage Regulator IC merupakan jenis regulator tegangan yang dapat kita tentukan keluaran tegangan-nya atau bisa juga dibuat sebagai regulator tegangan variabel. Jenis IC yang sering digunakan sebagai Adjustable Voltage Regulator ini adalah IC regulator LM317 (positif) dan LM337 (negatif). Rentang tegangan yang mampu diatur oleh IC regulator ini adalah 1,2V sampai dengan 37V.

Pada power supply penggunaan regulator adalah untuk memberikan stabilitas output pada suatu power supply. Output tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada power supply. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan. Regulator

tegangan untuk suatu power supply paling sederhana adalah menggunakan dioda zener.

2.10. Baterai

2.10.1. Pengertian Baterai

Baterai merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia. Ada dua macam sel elektrokimia, yaitu:

1. Sel volta (sel galvani)

Dalam sel ini, energi kimia diubah menjadi energi listrik atau reaksi redoks menghasilkan arus listrik dimana katoda sebagai elektroda positif yang menerima elektron dari rangkaian luar serta mengalami proses reduksi pada proses elektrokimia, dan anoda sebagai elektroda negatif yang melepaskan elektron ke rangkaian luar serta mengalami proses oksidasi pada proses elektrokimia.

Contohnya adalah cara kerja baterai.

2. Sel Elektrolisis

Dalam sel ini, energi listrik diubah menjadi energi kimia atau arus listrik menghasilkan reaksi redoks. Dimana katoda sebagai elektroda negatif, dan anoda sebagai elektroda positif. Contohnya penyepuhan logam.

2.10.2. Jenis-jenis baterai

Berdasarkan kemampuannya untuk dikosongkan (*discharged*) dan diisi ulang (*recharged*), baterai dibagi menjadi dua, yaitu Baterai primer dan Baterai sekunder.

- Baterai Primer

Yang termasuk kedalam baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi ulang atau dengan penggunaan sekali saja. Setelah kapasitas baterai habis, baterai tidak dapat dipakai kembali. Pada umumnya baterai primer murah, mudah digunakan sebagai sumber listrik untuk peralatan portabel, memiliki densitas energi listrik yang besar dengan kecepatan discharge yang rendah dan tidak memerlukan perawatan. Beberapa contoh baterai jenis ini adalah baterai alkalin, baterai seng-karbon (baterai kering), dan baterai merkuri.

- **Baterai Sekunder**

Yang termasuk kedalam baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang (charge). Baterai jenis ini disebut juga sebagai baterai penyimpan / *storage battery*. Beberapa contoh baterai sekunder adalah baterai Timbel-Asam (Aki), baterai Ni-Cd, dan baterai ion Lithium. Baterai sekunder diaplikasikan dalam dua kategori, yaitu:

1. Sebagai alat penyimpan energi. Umumnya baterai jenis ini tersambung dengan jaringan listrik permanen dan tersambung dengan jaringan listrik primer saat digunakan.
2. Sebagai sumber energi listrik pada portabel divais, pengganti baterai primer (David,2002).

2.10.3. Baterai Ion Lithium

1. Pengertian Baterai Ion Lithium

Lithium Ion Battery atau baterai lithium ion merupakan salah satu jenis baterai sumber arus sekunder yang dapat diisi ulang. Baterai lithium-ion memiliki kemampuan penyimpanan energi tinggi persatuan volume. Energi yang tersimpan merupakan jenis energi elektrokimia.

- **Bagian Utama Pada Lithium Ion Battery**

Lithium Ion Battery pada umumnya memiliki empat komponen utama yaitu elektroda positif (katoda), elektroda negatif (anoda), elektrolit, dan separator.

- **Elektroda Negatif (Anoda)**

Anoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion lithium serta merupakan material aktif. Material yang dapat dipakai sebagai anoda harus memiliki karakteristik antara lain memiliki kapasitas energi yang besar, memiliki kemampuan menyimpan dan melepas muatan atau ion yang bagus, memiliki tingkat siklus pemakaian yang lama, mudah untuk dibuat, aman dalam pemakaian atau tidak beracun, dan harganya murah. Material anoda yang paling umum adalah beberapa bentuk karbon biasanya grafit dalam bentuk serbuk. Grafit mempunyai kepadatan energi secara teori yang dihasilkan adalah berkisar 372 mAh/g. Selain grafit, material berbasis karbon yang dapat digunakan untuk anoda yaitu *soft carbon, graphene*, dan *hard carbon*. Material lain yang dapat berperan

sebagai anoda antara lain lithium titanium oxide (LTO) dengan kepadatan energi yang dihasilkannya 175 mAh/g. Material ini aman dipakai serta memiliki tingkat siklus pemakaian yang cukup lama.

Tabel 2.5. Beberapa material yang dipakai untuk anoda (Gritzner, 1993).

Material	Beda Potensial rata-rata (Volt)	Kapasitas Spesific (mAh/g)	Energi Spesifik (KWh/kg)
Grafit (LiC ₆)	0,1 – 0,2	372	0,0372 – 0,0744
Titanate (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂)	1-2	160	0,16 – 0,32
Si (Li ₄ , 4Si)	0,5 – 1	4212	2,106 – 4,212
Ge (Li ₄ , 4Ge)	0,7 – 1,2	1642	1,137 – 1,949

- Elektroda Positif (Katoda)

Katoda merupakan elektroda yang berfungsi sebagai pengumpul ion serta material aktif. Pada katoda terjadi reaksi setengah sel yaitu reaksi reduksi yang menerima elektron dari sirkuit luar sehingga reaksi kimia reduksi terjadi pada elektroda ini. Katoda dan anoda memiliki fungsi yang sama namun, perbedaannya adalah katoda merupakan elektroda positif. Material katoda harus memiliki karakteristik yang harus dipenuhi antara lain material tersebut terdiri dari ion yang mudah melakukan reaksi reduksi dan oksidasi, memiliki konduktifitas yang tinggi, memiliki kapasitas energi yang tinggi, memiliki kestabilan yang tinggi, harganya murah dan ramah lingkungan. Pada tahun 1980 material LiCoO₂ menjadi kandidat material pertama yang digunakan sebagai katoda pada LIBs. Kerapatan energi yang dimiliki LiCoO₂ sebesar 140 mAh/g. Kelemahan pada material ini yaitu memiliki kestabilan yang rendah dan harganya mahal. Sejalan dengan peningkatan performa katoda, beberapa penelitian yang dilakukan antara lain membuat katoda dari LiMO₂ (M = Co (Cobalt); Ni (Nikel); Mn (Mangan)). LiMO₂ tersebut dibentuk dalam bentuk layer-layer. Adapula material yang digunakan

sebagai katoda dibentuk dalam bentuk spinel LiM_2O_4 (M: Mn (Mangan)) ; serta olivine LiMPO_4 (M : Fe) (Bo, Xu, 2012)

Tabel 2.6. Beberapa material yang dipakai untuk katoda (Gritzner, 1993).

Material	Beda potensial Rata-rata (Volt)	Kapasitas Spesific (mAh/g)	Energi specific (kWh/kg)
LiCoO_2	3,7	140	0,518
LiMn_2O_4	4,0	100	0,400
LiNiO_2	3,5	180	0,360
LiFePO_4 3,3	150	0,495	

- Elektrolit

Elektrolit adalah bagian yang berfungsi sebagai penghantar ion lithium dari anoda ke katoda dan dari katoda ke anoda. Karakteristik elektrolit yang penting untuk diperhatikan antara lain konduktivitas, tidak beracun, dan harganya yang murah. Elektrolit ini terbagi dalam dua jenis yaitu elektrolit cair dan elektrolit padat. Kedua jenis ini memiliki kelebihan serta kekurangannya. Kelebihan dari elektrolit cair antara lain memiliki konduktivitas ionik yang besar, harga yang murah, dan aman. Namun kekurangannya adalah memiliki performa siklus pemakaian yang rendah yaitu hanya berkisar 25 kali siklus. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai elektrolit cair antara lain LiNO_3 , LiClO_4 , LiPF_6 . Sedangkan elektrolit padat keuntungannya yaitu memiliki konduktivitas yang besar serta dapat tahan lama dibandingkan dengan cair.

- Separator

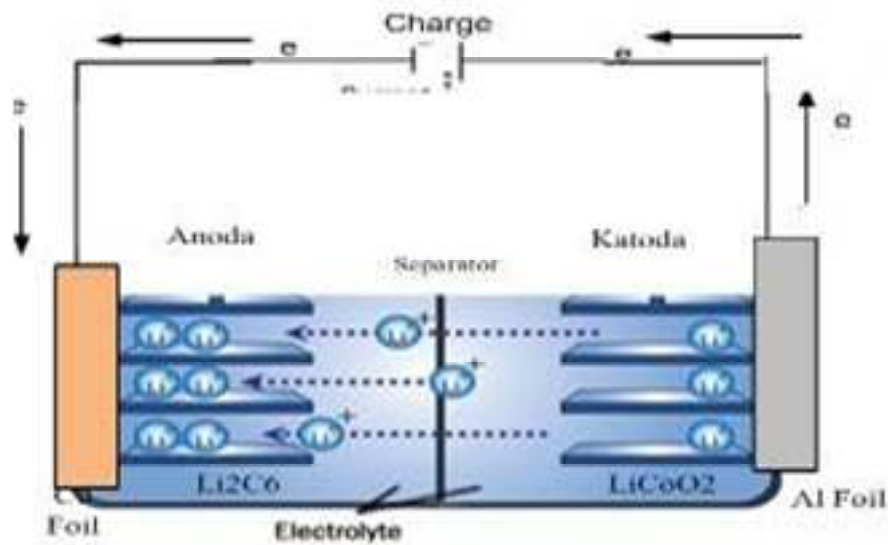
Separator adalah suatu material berpori yang terletak diantara anoda dan katoda. Fungsi separator yaitu sebagai pemisah untuk mencegah kontak langsung antara anoda dan katoda. Pori-pori diseparator memungkinkan transfer ion lithium dengan difusi selama pengisian dan pengosongan. Beberapa hal yang penting untuk memilih material sebagai separator antara lain material tersebut bersifat

insulator, memiliki hambatan listrik yang kecil, kestabilan mekanik atau tidak mudah rusak, memiliki sifat hambatan kimiawi untuk tidak mudah terdegradasi dengan elektrolit serta memiliki ketebalan lapisan yang sama diseluruh permukaan. Beberapa material yang dapat digunakan sebagai separator antara *Polyethylene* yang terbuat dari plastik film microporous (nanopori) dengan ketebalan $< 25 \mu\text{m}$ (Ritchie, 2005).

2. Prinsip Kerja Baterai Lithium

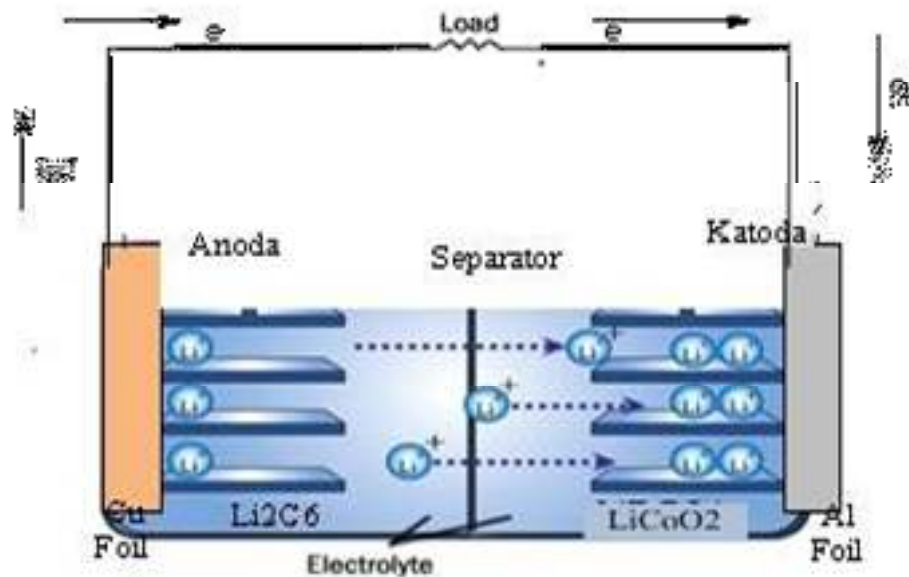
Didalam Baterai sekunder terdapat elektroda negatif atau anoda yang berkaitan dengan reaksi oksidasi setengah sel yang melepaskan elektron kedalam sirkuit eksternal. Dan elektroda positif atau katoda dimana terjadi reaksi setengah sel, yaitu reaksi reduksi yang menerima elektron dari sirkuit luar sehingga reaksi kimia reduksi terjadi pada katoda. Material aktif yang umumnya berbasiskan material keramik yang mampu bereaksi secara kimia menghasilkan aliran arus listrik selama baterai mengalami proses *charging* dan *discharging*. Reaksi kimia dalam baterai sekunder bersifat *reversible*. Kemampuan kapasitas energi yang tersimpan dalam baterai lithium tergantung pada beberapa banyak ion lithium yang dapat disimpan dalam struktur bahan elektrodanya dan beberapa banyak yang dapat digerakkan dalam proses *charging* dan *discharging*, karena jumlah arus elektron yang tersimpan dan tersalurkan sebanding dengan jumlah ion lithium yang bergerak.

Pada proses *charging*, material katoda akan terionisasi, menghasilkan ion lithium bermuatan positif dan bermigrasi kedalam elektrolit menuju komponen anoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju anoda. Ion lithium ini akan masuk kedalam anoda melalui mekanisme interkalasi.



Gambar 2.21. Proses Charging pada baterai lithium

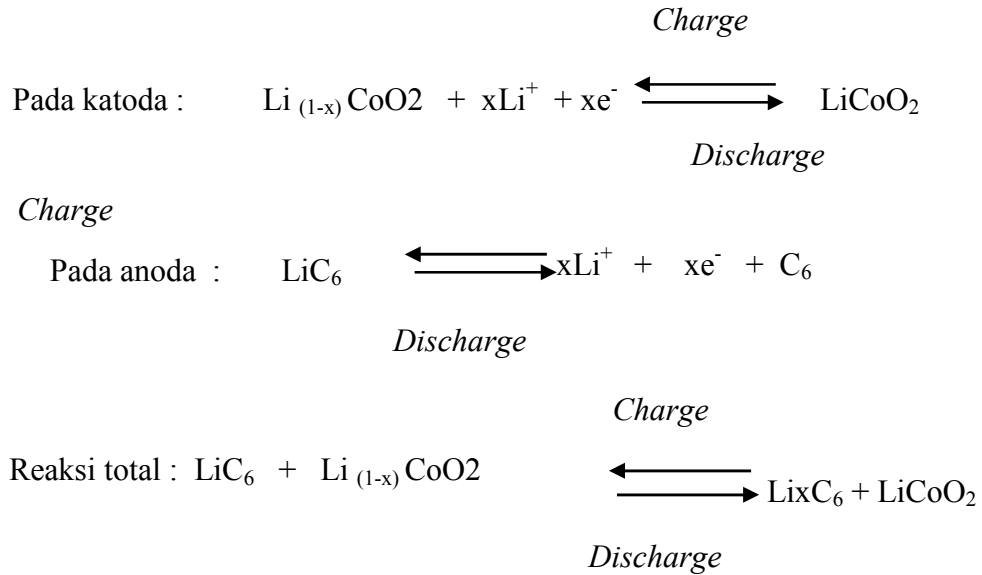
Pada proses discharging, material anoda akan terionisasi, menghasilkan ion lithium bermuatan positif dan bermigrasi kedalam elektrolit menuju komponen katoda, sementara elektron yang diberikan akan dilepaskan bergerak melalui rangkaian luar menuju katoda. Ion lithium ini akan masuk kedalam katoda melalui mekanisme interkalasi (David, 1994)



Gambar 2.22. Proses Discharging pada baterai lithium

Reaksi yang terjadi pada sistem LIBs tersebut merupakan reaksi reduksi dan oksidasi. Reaksi reduksi adalah reaksi penambahan elektron oleh suatu molekul

atau atom sedangkan reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron pada suatu molekul atau atom. Sebagai contoh, misalkan kita memakai LiCoO_2 sebagai katoda, Li_2C_6 sebagai anodanya. Maka reaksi yang terjadi adalah:



Suatu material elektrokimia dapat berfungsi baik sebagai elektroda anoda maupun katoda bergantung pada pemilihan material (*material selection*) yang akan menentukan karakteristik perbedaan nilai tegangan kerja (*working voltage*) dari kedua material yang dipilih. Potensial tegangan yang terbentuk antara elektroda anoda dan katoda bergantung dari reaksi kimia reduksi-oksidasi dari bahan elektroda yang dipilih. Beberapa material dapat berfungsi sebagai anoda terhadap material katoda lainnya jika memiliki potensial Li^+ yang lebih rendah. Contoh, grafit adalah anoda dalam sistem elektroda LiMn_2O_4 , namun akan berfungsi sebagai katoda saat dipasangkan dengan elektroda Li metal sebagai anodanya (Yan-jing, Hao. 2005)

BAB III

METODA PERANCANGAN

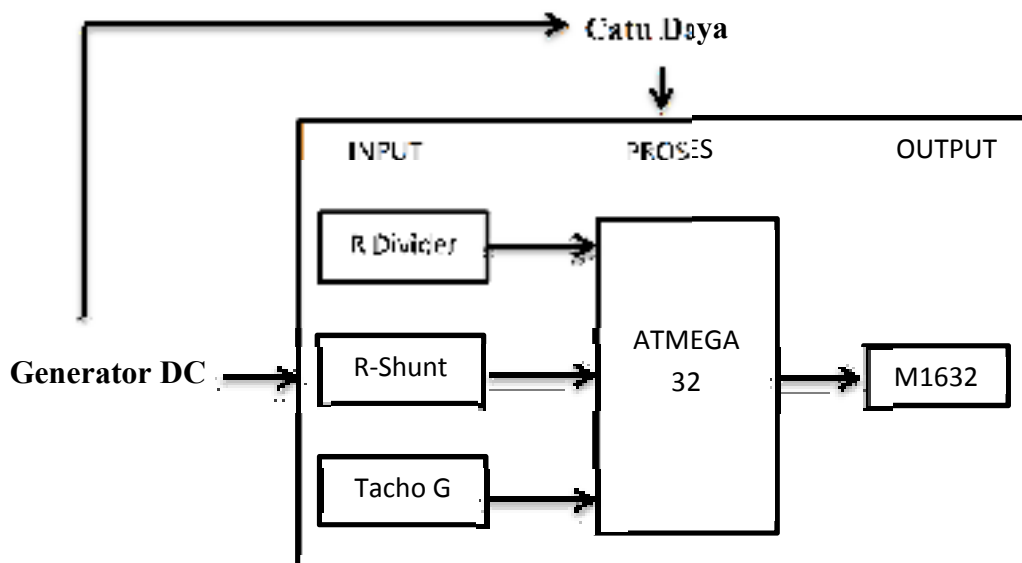
3.1. Pendahuluan

Metodologi perancangan ini dilakukan dengan studi literature, kemudian melakukan rancangan dan pengukuran serta pengujian sistem yang dibangun.

3.2. Perancangan hardware

3.2.1. Blok diagram

Blok diagram sistem diperlihatkan pada gambar 3.1. Diagram menjelaskan konfigurasi sistem yaitu konfigurasi input, proses dan output. Rancangan berupa sebuah sistem pemantau atau monitoring data yaitu data kincir angin sebuah pembangkit listrik tenaga angin. Untuk itu sistem membutuhkan beberapa transduser atau sensor sebagai input misalnya sensor tegangan, sensor arus dan sebagainya . Pada rancangan ini sensor yang digunakan adalah sensor tegangan, sensor arus dan kecepatan angin. Ketiga sensor mengubah besaran yang ada menjadi tegangan analog untuk masukan mikrokontroler atmega 32. Mikrokontroler atmega32 pada rancangan ini bekerja sebagai pengolah data dan mengontrol output. Data sensor yang diberikan pada mikrokontroler melalui masukan analog diubah dari menjadi data digital. Data tersebut kemudian dikalibrasi menjadi nilai sebenarnya dan ditampilkan sebagai output. Output rancangan ini adalah sebuah display digital yaitu display LCD 16 karakter. Pada output ini data sistem pembangkit listrik tenaga angin dipantau untuk mengetahui karakteristik sistem pembangkit pada suatu daerah. Tujuan pemantauan adalah untuk mengetahui karakteristik angin suatu daerah apakah sesuai dan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai daerah yang dapat memanfaatkan energi angin sebagai penghasil listrik atau tidak.



Gambar 3.1. Blok diagram sistem arus beban

3.2.2. Prinsip kerja komponen

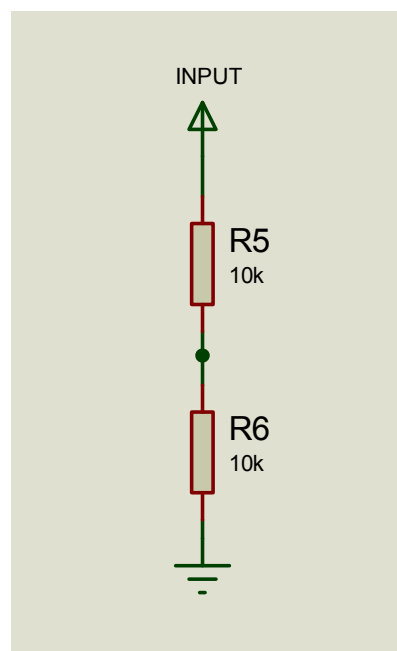
Rancangan menggunakan beberapa komponen yang diintegrasikan menjadi 1 sistem yaitu alat pemantau data kincir angin. Ada pun fungsi dan cara kerja komponen dalam sistem adalah sebagai berikut:

1. Sensor kecepatan angin

Sensor kecepatan angin yang digunakan adalah tacho generator. Dalam rancangan ini sensor berfungsi sebagai pembaca kecepatan angin sekaligus sebagai generator listrik. Sensor yang digunakan adalah sebuah *motor dc* yang dibalikkan fungsinya yaitu putaran menjadi listrik. Motor dc permanen magnet akan mengubah putaran kincir angin menjadi listrik sesuai dengan kecepatan putaran kincir. Makin cepat kincir berputar makin besar tegangan yang dihasilkan. Output motor dc diratakan oleh kapasitor kemudian diberikan pada resistor pembagi tegangan. Output pembagi tegangan kemudian diumpankan pada mikrokontroler pada masukan analog. Karena tegangan yang dihasilkan berbanding lurus dengan kecepatan angin maka dapat dicari nilai kecepatan angin sebenarnya melalui proses kalibrasi.

2. Sensor tegangan

Fungsi sensor tegangan adalah untuk membaca tegangan pada skala tertentu dan mengubahnya menjadi skala yang sesuai untuk pembacaan konverter analog ke digital. Pada umumnya skala pembacaan tegangan pada masukan analog ke digital konverter adalah berkisar dari 0 hingga 5V. Sedangkan listrik yang dihasilkan oleh sebuah generator angin berkisar puluhan hingga ratusan volt. Untuk itu dibutuhkan penyesuaian atau penurunan agar tegangan mencapai skala baca ADC. Sensor tegangan dapat dibuat dengan sepasang resistor yang diserikan atau dengan kata lain dengan resistor pembagi tegangan. Resistor yang diserikan dapat membagi nilai tegangan sesuai perbandingan nilai kedua resistor. Dengan persamaan $V_{out} = R_{in}/R_s \times V_{in}$ dapat dicari tegangan keluaran setelah melalui resistor pembagi tegangan tersebut.

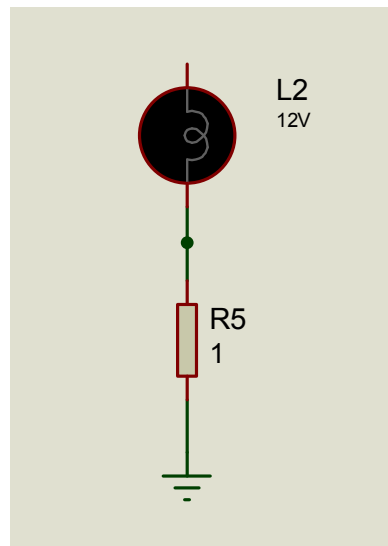


Gambar 3.2. Resistor pembagi tegangan sebagai sensor.

3. Sensor arus

Ada beberapa jenis sensor arus yang terdapat dipasaran seperti R-shunt, efek hall dan sebagainya. Rancangan ini menggunakan sensor arus R-Shunt sebagai pembaca arus karena sesuai dengan skala pembacaan

yang tidak terlalu besar. R-Shunt adalah sebuah resistor dengan nilai resistansi yang sangat kecil yang diserikan dengan beban. Arus akan mengalir dari beban melalui R-Shunt tersebut ke ground. Akibat arus beban yang mengalir akan terjadi jatuh tegangan pada R-Shunt tersebut. Jatuh tegangan tersebutlah yang dideteksi dan dikalibrasi menjadi arus. Pada rancangan ini nilai resistansi dipilih 1 Ohm/1W. Jika pada kedua ujung R-Shunt terjadi jatuh tegangan sebesar 1V maka arus yang mengalir pada lup tersebut adalah $I = V/R$ yaitu 1A. Proses menghitung atau kalibrasi dilakukan secara software didalam mikrokontroler.

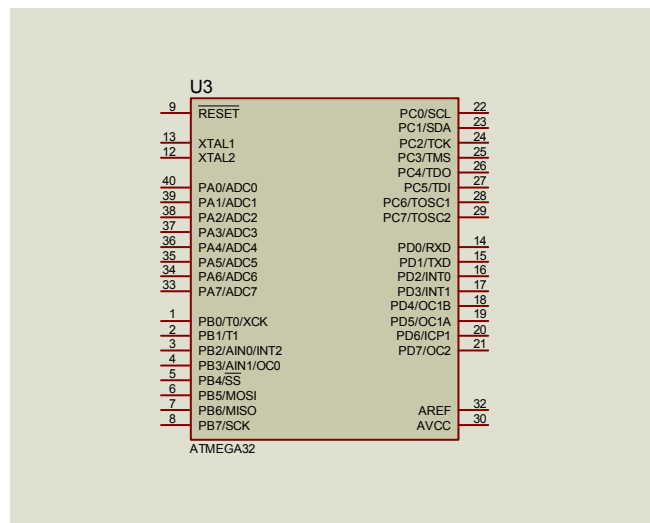


Gambar 3.3. Simbol sensor arus

4. Kontroler

Kontroler yang digunakan pada rancangan adalah tipe AVR yaitu Atmega 32. Kontroler berfungsi sebagai pemroses atau pengolah data sensor dan mengeksekusi output. Sensor memberikan sinyal berupa tegangan analog pada masukan analog mikrokontroler dan diubah menjadi data digital oleh ADC internal. Data kemudian dikalibrasi menjadi nilai sebenarnya oleh perangkat lunak yang dibuat. Data kemudian ditampilkan pada sebuah display LCD sebagai output. Terdapat 3 masukan analog untuk 3 buah sensor analog yaitu kecepatan angin, tegangan dan arus. Pada output terdapat 4 buah data yaitu kecepatan angin, tegangan, arus dan daya

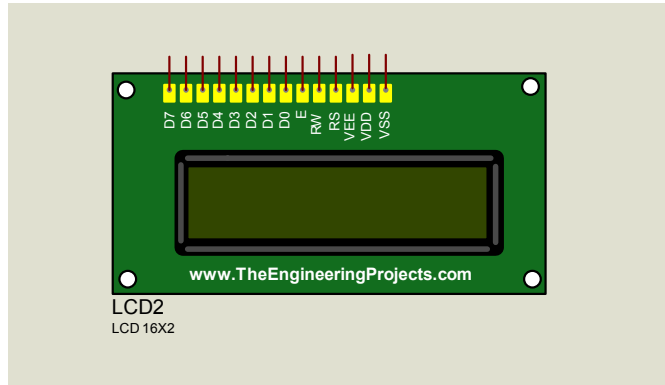
yang merupakan hasil perkalian arus dan tegangan. Mikrokontroler diprogram dengan bahasa C pada perangkat lunak code vision avr versi 3.27. Input untuk sensor tegangan diprogram pada PORTA.0 pada pin 40, dan PORTA.1 atau pin39 untuk sensor arus. Sedangkan untuk sensor kecepatan angin pada PORTA.2 pada pin 38. Untuk output yaitu display LCD diprogram pada PORTC yaitu pin 21 hingga pin 29.



Gambar 3.4. Simbol mikrokontroler atmega32.

5. Display LCD

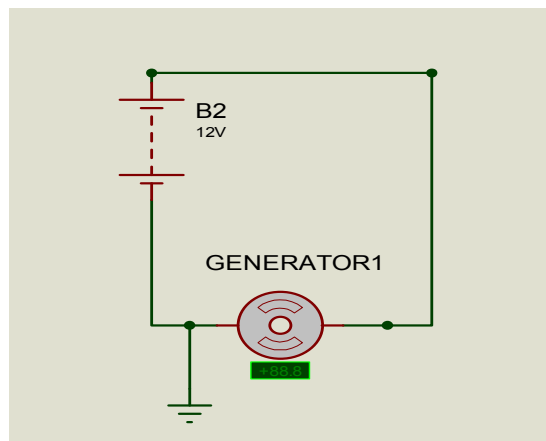
Tipe display yang digunakan adalah LCD yaitu display digital dengan tampilan numerik dan abjad. Display M1632 memiliki kapasitas tampilan 2x16 karakter dengan kemampuan menggeser kekiri atau kekanan. Display LCD akan menampilkan nilai hasil kalibrasi mikrokontroler yaitu tegangan, arus, kecepatan angin dan daya. Display M1632 adalah display dengan antarmuka paralel sehingga membutuhkan lebih banyak bit mikrokontroler untuk mengendalikannya. Terdapat 8 bit data dan 3 bit kontrol namun dalam rancangan ini digunakan 4 bit data sebagai antarmuka (interface) dengan alasan menghemat port mikrokontroler. Bit data adalah bit untuk transfer data dari mikrokontroler ke M1632. Sedangkan bit kontrol digunakan sebagai pengendali arus data dan clock sinkronisasi.



Gambar 3.5. Display LCD.

6. Generator

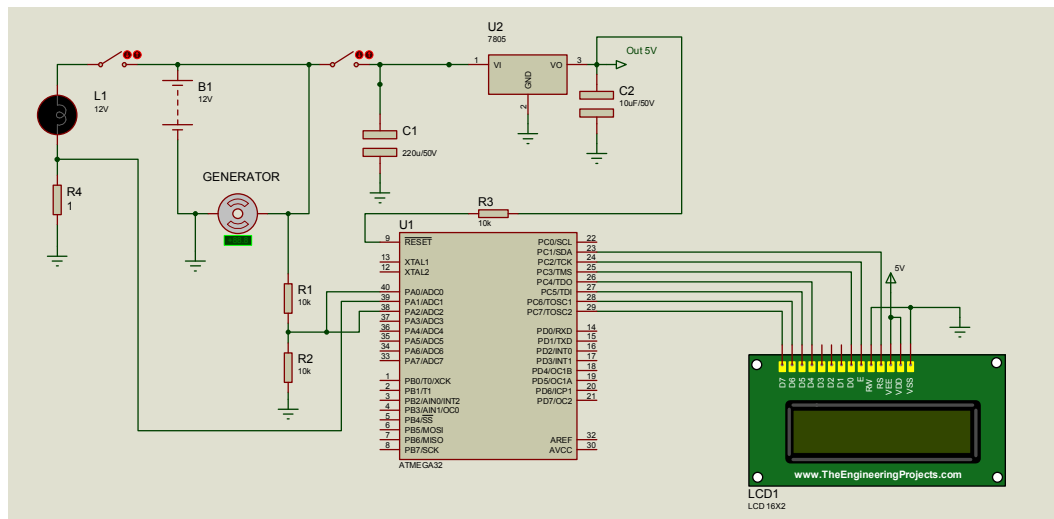
Generator adalah komponen yang berfungsi mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Rancangan ini menggunakan motor dc permanen magnet sebagai generator untuk simulasi dengan cara membalikkan fungsi motor itu sendiri. Motor dipasang pada kincir angin sehingga poros motor akan ikut berputar saat kincir berputar. Putaran tersebut membuat kumparan dalam motor berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menghasilkan listrik pada kedua terminal. Listrik tersebut adalah output generator untuk menhidupkan beban listrik. Rancangan ini menggabungkan fungsi generator dan tacho meter untuk mensimulasikan proses monitoring sistem pembangkit yang dibuat.



Gambar 3.6. Simbol generator dc.

3.2.3. Cara kerja sistem secara keseluruhan

Saat sistem diaktifkan melalui tombol daya. Rangkaian mulai bekerja. Kontroler akan menerima input atau membaca sensor. Sensor memberikan tegangan analog pada masukan analog kemudian diubah menjadi data digital oleh internal ADC. Data hasil konversi yang memiliki range 0 hingga 1023 untuk 10 bit ADC. Merupakan nilai mentah dari sensor. Kontroler kemudian mengkalibrasi nilai tersebut menjadi nilai sebenarnya melalui program yaitu mengalikan nilai data dengan suatu konstanta. Kontroler juga akan menghitung daya yang bekerja dengan mengalikan arus dan tegangan. Proses perhitungan ini juga dilakukan secara software dalam mikrokontroler. Setelah semua data terkalibrasi, data tersebut diberikan pada output display untuk ditampilkan melalui port C. Proses akan terus berulang dan berkesinambungan selama catu daya aktif.



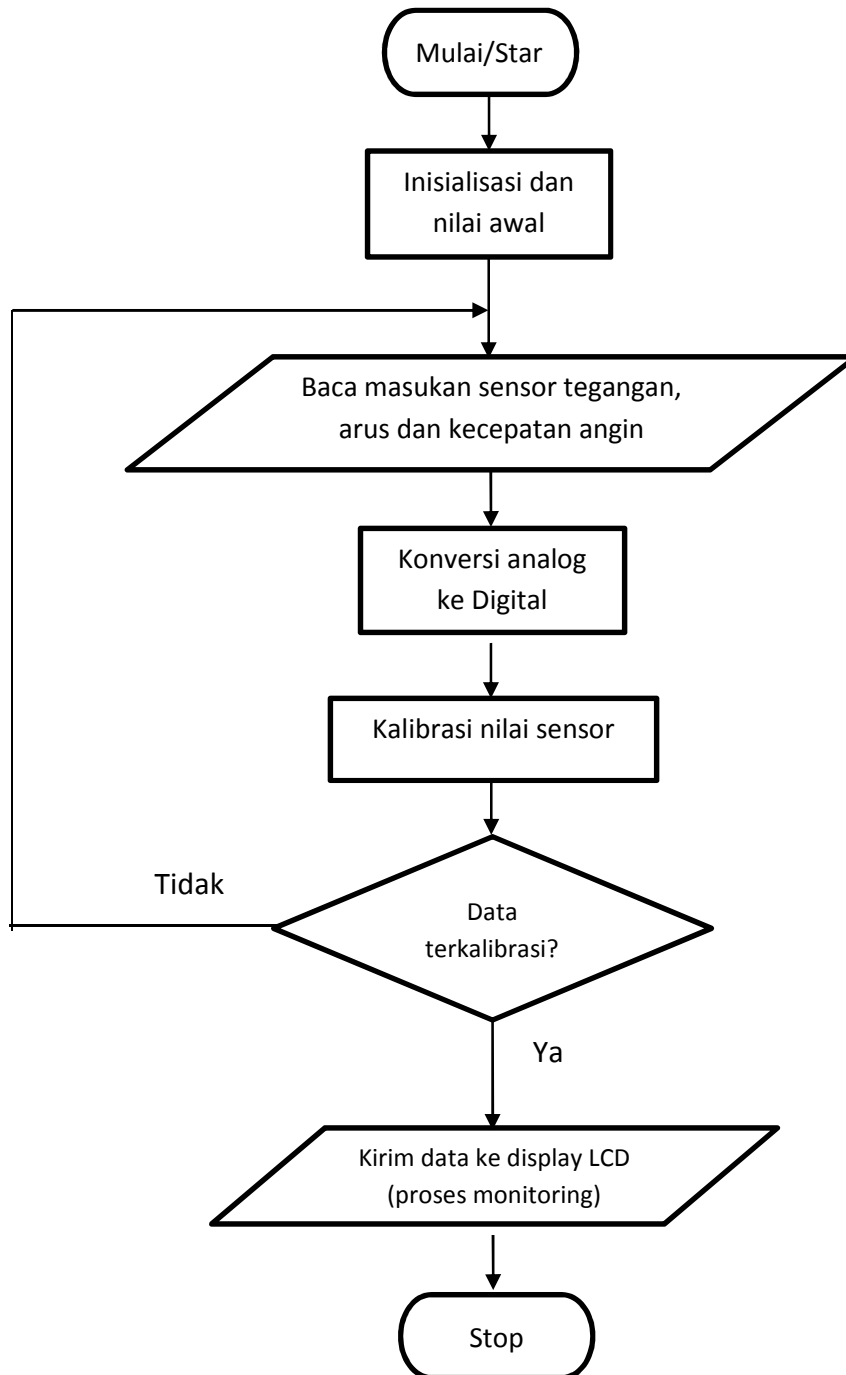
Gambar 3.7. Rangkaian keseluruhan sistem monitoring PLTB.

3.3. Perancangan perangkat lunak system

3.3.1. Flowchart

Gambar diagram diatas merupakan diagram alir atau flowchart sistem yang dibuat. Diagram menjelaskan proses aliran kerja program mulai start hingga selesai satu siklus kerja. Saat kontroler diaktifkan program akan mulai bekerja yaitu melalui algoritma yang telah dibuat. Program akan mulai menginisialisasi input output dan menentukan nilai awal sistem. Setelah itu proses dilanjutkan dengan membaca sensor yaitu sensor tegangan, sensor arus dan kecepatan angin.

Proses kalibrasi dilakukan terhadap ketiga sensor tersebut. Setelah itu program juga akan mencari daya dengan mengalikan arus dan tegangan yang terbaca. Selanjutnya data dikirim ke display LCD untuk ditampilkan sebagai output.



Gambar 3.8. Diagram Flowchart

3.3.2. Rancangan program

Program dirancang dengan menggunakan bahasa pemrograman C dengan code vision AVR 3.27. Susunan program sesuai struktur bahasa C standar. Terdapat beberapa modul atau sub program seperti fungsi atau prosedur. Berikut adalah kode program yang dibuat untuk menjalankan sistem.

```
#include <io.h>
```

```
#include <delay.h>
```

```
#include <alcd.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

- 4 baris perintah diatas berfungsi sebagai deklarasi penggunaan library pada cv avr.

```
unsigned char eeprom *addr_eeprom;
```

```
unsigned int I,V,S,P,ki,kv,ks;
```

```
unsigned char j,g;
```

```
char buf[33];
```

- Merupakan deklarasi variabel yang digunakan dalam program.

```
// Voltage Reference: AREF pin
```

```
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (0<<REFS0) | (0<<ADLAR))
```

```
// Read the AD conversion result
```

```
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
```

```
{
```

```
ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
```

```
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
```

```
delay_us(10);
```

```
// Start the AD conversion
```

```
ADCSRA|=(1<<ADSC);
```

```
// Wait for the AD conversion to complete
```

```
while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
```

```

ADCSRA|=(1<<ADIF);
return ADCW;
}

```

- *Kode diatas merupakan rutin untuk konversi analog ke digital.*

```

void main(void)
{
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) | (0<<DDA4) | (0<<DDA3) |
(0<<DDA2) | (0<<DDA1) | (0<<DDA0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) | (0<<PORTA4) |
(0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) | (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);
// Port B initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRB=(0<<DDB7) | (0<<DDB6) | (0<<DDB5) | (0<<DDB4) | (0<<DDB3) |
(0<<DDB2) | (0<<DDB1) | (0<<DDB0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) | (0<<PORTB4) |
(0<<PORTB3) | (0<<PORTB2) | (0<<PORTB1) | (0<<PORTB0);
// Port C initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) | (0<<DDC4) | (0<<DDC3) |
(0<<DDC2) | (0<<DDC1) | (0<<DDC0);
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) | (0<<PORTC4) |
(0<<PORTC3) | (0<<PORTC2) | (0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);
// Port D initialization
// Function: Bit7=In Bit6=In Bit5=In Bit4=In Bit3=In Bit2=In Bit1=In Bit0=In

```

```
DDRD=(0<<DDD7) | (0<<DDD6) | (0<<DDD5) | (0<<DDD4) | (0<<DDD3) |  
(0<<DDD2) | (0<<DDD1) | (0<<DDD0);
```

```
// State: Bit7=T Bit6=T Bit5=T Bit4=T Bit3=T Bit2=T Bit1=T Bit0=T
```

```
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) | (0<<PORTD4) |  
(0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);
```

- *Merupakan proses inisialisasi port paralel dan nilai awal port.*

```
// ADC initialization
```

```
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
```

```
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) | (0<<ADIE) |  
(1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) | (0<<ADPS0);
```

```
SFIOR=(0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) | (0<<ADTS0);
```

- *Proses Inisialisasi ADC*

```
// Alphanumeric LCD initialization
```

```
lcd_init(16);
```

- *Proses inisialisasi display LCD.*

```
lcd_gotoxy(0,0);
```

```
lcd_putsf("MONITORING");
```

```
lcd_gotoxy(0,1);
```

```
lcd_putsf(" P L T B");
```

```
delay_ms(2000);
```

```
lcd_clear();
```

- *Proses menampilkan tampilan awal pada display lcd*

```
ki=23;
```

```
kv=17;
```

```
ks=13;
```

- *Proses menentukan konstanta kalibrasi masing masing sensor.*

```
while (1)
```

```
{
```

```
    I = read_adc(1)/ki;
```

- *Membaca sensor arus dan mengubahnya ke data digital sekaligus kalibrasi nilai arus.*

$V = \text{read_adc}(0)/k_v;$

- *Membaca sensor tegangan dan mengubahnya ke data digital sekaligus kalibrasi nilai tegangan.*

$S = \text{read_adc}(2)/k_s;$

- *Membaca sensor kecepatan dan mengubahnya ke data digital sekaligus kalibrasi nilai kecepatan angin.*

$P = V * I;$

- *Proses menghitung daya dari arus dan tegangan yang terbaca sensor.*

`sprintf(buf,"I : %i ",I);`

`lcd_gotoxy(0,0);`

`lcd_puts(buf);`

- *Menampilkan data arus pada display pada baris 0 kolom 0.*

`sprintf(buf,"V : %i ",V);`

`lcd_gotoxy(8,0);`

`lcd_puts(buf);`

- *Menampilkan data tegangan pada display pada baris 0 kolom 8.*

`sprintf(buf,"S : %i ",W);`

`lcd_gotoxy(0,1);`

`lcd_puts(buf);`

- *Menampilkan data kecepatan angin pada display pada baris 1 kolom 0.*

`sprintf(buf,"P : %i ",P);`

`lcd_gotoxy(8,1);`

`lcd_puts(buf);`

- *Menampilkan data Daya pada display pada baris 1 kolom 8.*

`delay_ms(1000);`

- *Tundaan jedah selama 1 detik.*

`}`

`}`

