

BAB III

PERANCANGAN,PEMBUATAN,PENGUJIAN

3.1 Data-data teknis ketel uap

Kapasitas	:1.5 liter/jam
Tekanan	:Maksimal 25 psi
Bahan bakar	:Pemanas listrik(<i>heater</i>)

3.2 Perancangan Dasar

Sebelum melakukan perancangan terlebih dahulu yang harus dilakukan adalah menganalisa kebutuhan alat yang akan dibuat. Agar dalam pembuatan alat sesuai dengan kebutuhan dan dapat berfungsi dengan baik sehingga tujuan dapat tercapai.

Analisis kebutuhan merupakan batasan masalah pada tujuan yang diharapkan dari sistem yang dibangun yaitu kendali putaran kincir pada prototype mesin uap. Analisi kebutuhan dari alat yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

- Alat ini menggunakan 3 buah sensor yaitu:
 - Pertama sensor tekanan (MPX5700), berfungsi untuk mengetahui berapa tekanan pada ketel uap saat terjadi proses pemanasan.
 - Kedua sensor LDR, berfungsi mengetahui berapa air yang berkurang pada saat air dipanaskan, sehingga tidak melebihi batas range yang ditentukan.
 - Ketiga sensor octocoupler, berfungsi mengetahui berapa putaran

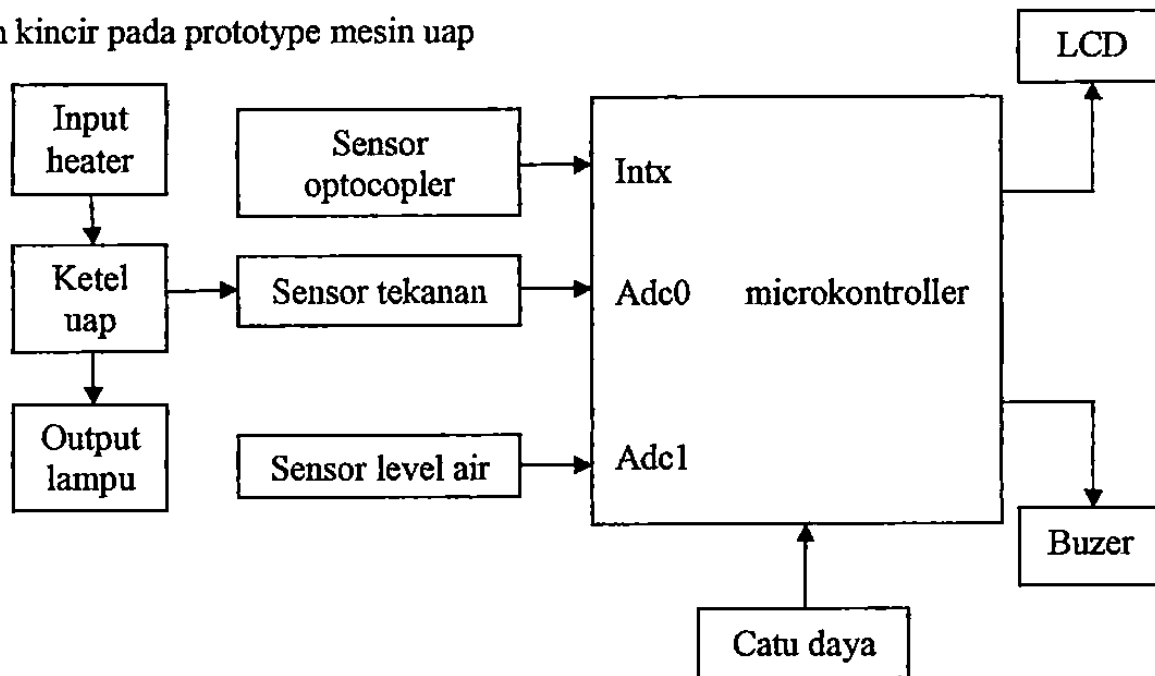
- Alat ini menggunakan 2 buah kran, dimana satunya untuk tempat memasukkan air, dan yang satunya untuk tempat membuka uap
- Alat ini juga menggunakan buzzer, yang berfungsi sebagai penanda alarm, dimana pada level air batasnya kurang dari range yang sudah ditentukan, begitupun dengan putaran kincirnya.
- Sistem alat ketel uap ini dapat menampilkan informasi berapa maksimal tekanan dalam satuan psi, perbedaan jarak level air pada saat pemanasan dalam satuan cm, dan jumlah putaran maksimal pada saat uap dikeluarkan.

Setelah menganalisis kebutuhan dari alat yang dibuat, kita dapat menentukan spesifikasi alat. Secara umum kendali putaran kincir pada prototype mesin uap spesifikasi sebagai berikut:

1. Sensor untuk membaca tekanan uap, level air, dan putaran pada kincir.
2. Rangkaian mikrokontroler sebagai pemroses input dari rangkaian sensor

Penjelasan spesifikasi diatas dapat dilihat pada Gambar 3.1 Diagram blok kendali

putaran kincir pada prototype mesin uap



Gambar 3.1 Blok Diagram Ketel Uap

Beberapa pertimbangan utama dalam merancang ketel uap adalah:

- Tekanan, temperatur serta kualitas uap yang diperlukan,
- Jenis bahan bakar,
- Aspek pemeliharaan,
- Kapasitas,
- Proses pemanasan,
- Kualitas pengolahan air isian,
- Kontruksi ketel,
- Prosedur pengoperasian,

3.3 Prinsip kerja ketel uap listrik

Proses kerja dari ketel uap listrik, diawali dengan memasukkan air ke dalam corong ketel, kemudian air dipanaskan dengan menggunakan pemanas listrik (heater) sehingga menghasilkan uap air, dimana uap air tersebut ditampung terlebih dahulu atau ditutup dengan kran, agar mempunyai tekanan. kemudian uap tersebut dibuka dikeluarkan melalui pipa, uap yang keluar digunakan untuk menggerakkan kipas sehingga bisa menyalakan lampu.

3.4 Perencanaan proses kendali putaran kincir pada ketel uap listrik

Proses kendali putaran kincir, dilakukan dengan cara air dipanaskan terlebih dahulu, sehingga menghasilkan uap air yang bertekanan, sebelumnya uap air ditampung dulu dengan menggunakan kran dengan proses pemanasan tadi, kemudian uap air dikeluarkan melalui pipa. Uap yang dikeluarkan digunakan untuk memutar kipas sehingga bisa menyalakan lampu led. Dimana untuk menghitung jumlah putaran digunakan sensor optocoupler, apabila putarannya dibawah 300rpm maka buzzer akan berbunyi. buzzer ini berfungsi untuk memberi tanda alarm apabila putaran kincir mulai menurun.

3.4.1 Perencanaan perangkat keras

- **Mekanik**

Bahan dasar pembuatan ketel uap listrik ini dari bahan stainless steel, dimana bahan ini dilas dan dibentuk sesuai dengan rancangan yang sudah

... Setelah jadi ketel tersebut diisi dengan air

Bagian-bagian dari ketel uap listrik yaitu:

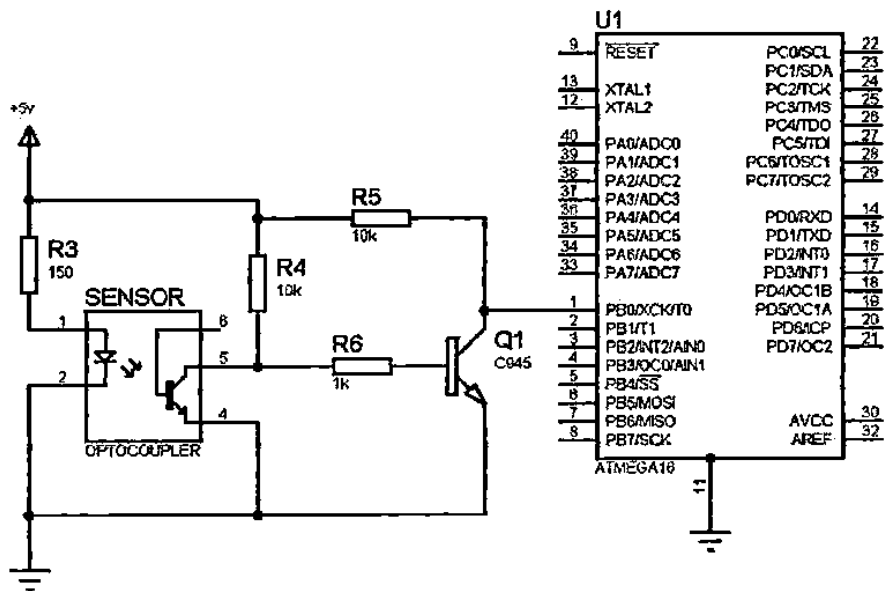
- 1 buah corong untuk memasukkan air, corong ini dibuat agar bisa menampung air yang masuk kedalam ketel uap.
- 2 buah kran yang berfungsi sebagai menutup air setelah air dimasukkan, dan mengeluarkan uap, dimana kran ini dibuat agar menampung uap air sehingga mempunyai tekanan.
- 1 buah pipa yang berfungsi mengalirkan uap, dimana pipa ini dibuat agar mengalirkan uap air yang dipanaskan.
- 1 buah selang yang terbuat dari kaca berfungsi untuk melihat batas air, dimana selang ini dipasang agar lebih mudah melihat air yang dimasukkan dalam ketel.
- Heater yang berfungsi sebagai pemanas listrik, dimana heater ini dipasang untuk memanaskan air dalam ketel.
- Kincir berfungsi untuk memutar dinamo, dimana didesain untuk lebih mudah.
- Dinamo berfungsi sebagai generator, dimana dipasang untuk dapat menghasilkan tegangan yang diputar oleh kincir / turbin.
- Lampu led berfungsi sebagai bebannya.

- **Elektrik**

- **Sensor optocoupler (putaran)**

Untuk melakukan proses perhitungan putaran kincir pada proses ketel uap digunakan suatu mekanisme optik dengan piranti yang disebut dengan

5V sesuai dengan data pengukuran dari output schmit trigger yaitu pada kolektor transistor C945



Gambar 3.2 Rangkaian sensor optokopler

$$R3 \text{ diperoleh dari : } R_{\text{led}} = \frac{V_{cc} - V_{\text{Led}}}{I_{\text{aman_led}}}$$

$$= \frac{5 - 2}{0,02}$$

$$= 150 \text{ ohm}$$

R4 bernilai 10k, dengan nilai ini menghasilkan kecepatan respon sebesar 80 us.

R5 dan R6 didapat dari perhitungan sebagai berikut:

$$= \frac{0,0005}{190}$$

$$= 0,0000026A$$

Syarat transistor sebagai saklar I_b harus lebih besar dari I_b saturasi ($I_b > I_{b\text{saturasi}}$) . maka nilai I_b diperoleh :

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_6}$$

$$= \frac{5 - 0,7}{1000}$$

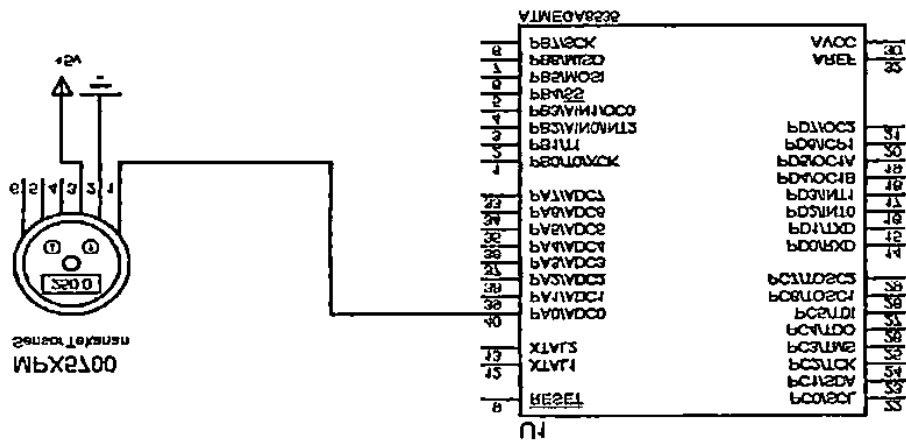
$$= 0.0043A$$

Dengan demikian diperoleh $I_b > I_b$ saturasi yang menyebabkan arus dari R_5 akan mengalir ke ground sehingga terdapat tegangan pada V_{out} nya.

R_5 adalah nilai asumsi untuk mendapatkan I_c , pada rangkaian ini digunakan R_5 10k ohm dan R_6 bernilai 1k ohm di peroleh dari percobaan perhitungan yang dapat menghasilkan $I_b = 0,0043A$ yang berarti masih dalam range $I_b > I_b$ saturasi.

- **Sensor Tekanan(MPX5700)**

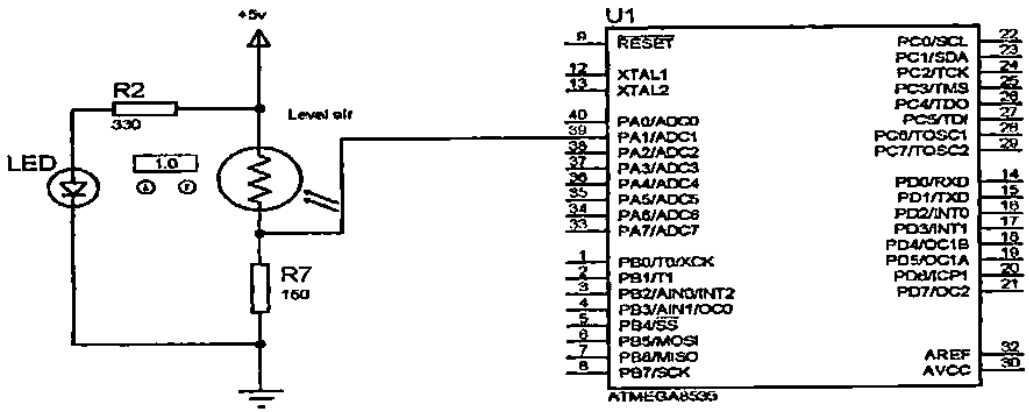
Untuk dapat membaca dan mengetahui jumlah tekanan maksimal dari uap air yang ada pada ketel uap listrik, digunakan suatu mekanisme optik yang disebut MPX, seri yang dipakai 5700. Tegangan keluaran dari sensor ini dari tegangan 0 hingga 5V sesuai dengan data pengukuran dari output



Gambar 3.3 Rangkaian sensor tekanan

• Sensor LDR

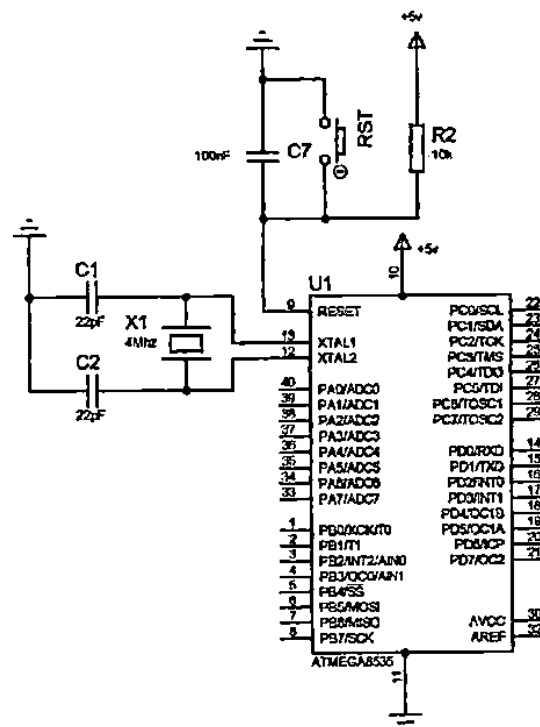
LDR merupakan alat untuk mengetahui dan membaca berapa perbedaan jarak air yang ada pada ketel saat proses pemanasan air dilakukan. Tegangan keluaran sensor ini adalah 0 hingga 5V sesuai dengan data pengukuran outputnya.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor LDR

- **Microkontroler ATmega8535**

Microcontroller ATmega8535 memerlukan minimal catu daya 5V, *clock*, dan reset untuk dapat bekerja. Sumber *clock* diperoleh dari sebuah kristal 4Mhz yang dipasang pada kaki 12 dan 13, seperti terlihat pada Gambar 3.5. Sedangkan tombol reset yang bersifat aktif *low* digunakan untuk me-reset pelaksanaan program dalam *microcontroller* sehingga dimulai dari awal (*restart*). Resistor R2 yang dipasang pada kaki reset dan terhubung pada VCC (+5V) digunakan *pull-up*, yaitu untuk mempertahankan nilai 1 (*high*) pada kaki reset selama tombol reset tidak ditekan.



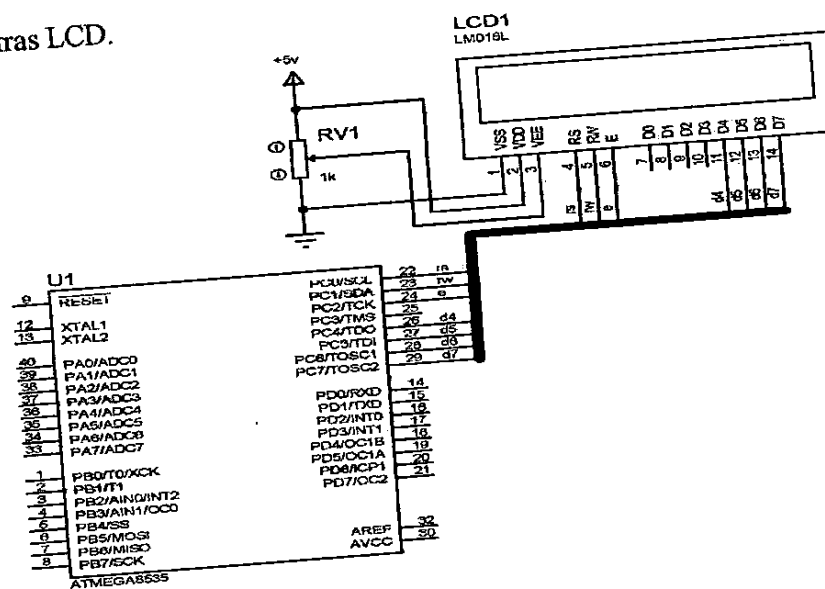
Gambar 3.5. Diagram Minimal ATmega8535

• **Rangkaian penampilan LCD 16X2**

Rangkaian penampil menggunakan LCD pada penampilnya. Rangkaian LCD sebagai penampil dihubungkan dengan mikrokontroler. Seperti terlihat pada Gambar 3.6, interaksi antara microcontroller dengan modul lcd menggunakan sistem pengiriman data 4 bit. Sehingga hanya 4 pin dari bus data LCD yang digunakan yaitu D4,D5,D6,dan D7.

Pin E, RS,dan R/W digunakan untuk mengendalikan operasi LCD, pin E (enable) harus dalam kondisi 1 (high). RS digunakan untuk menentukan jenis input, yaitu Data input atau Instruction Input. Sedangkan R/W digunakan untuk menentukan jenis operasi yaitu Read atau Write dengan mengeset high atau low.

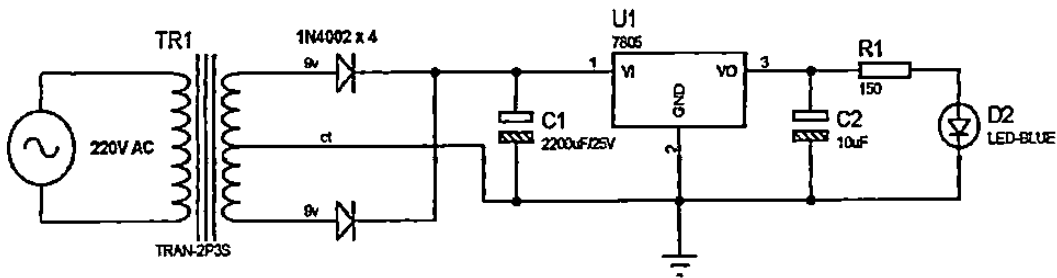
Pin VDD dihubungkan dengan sumber tegangan +5V dan VSS dihubungkan dengan GND. Sedangkan VEE digunakan untuk mengatur kontras LCD.



Gambar 3.6 Penampil LCD 16x2

- **Rangkaian Catu Daya**

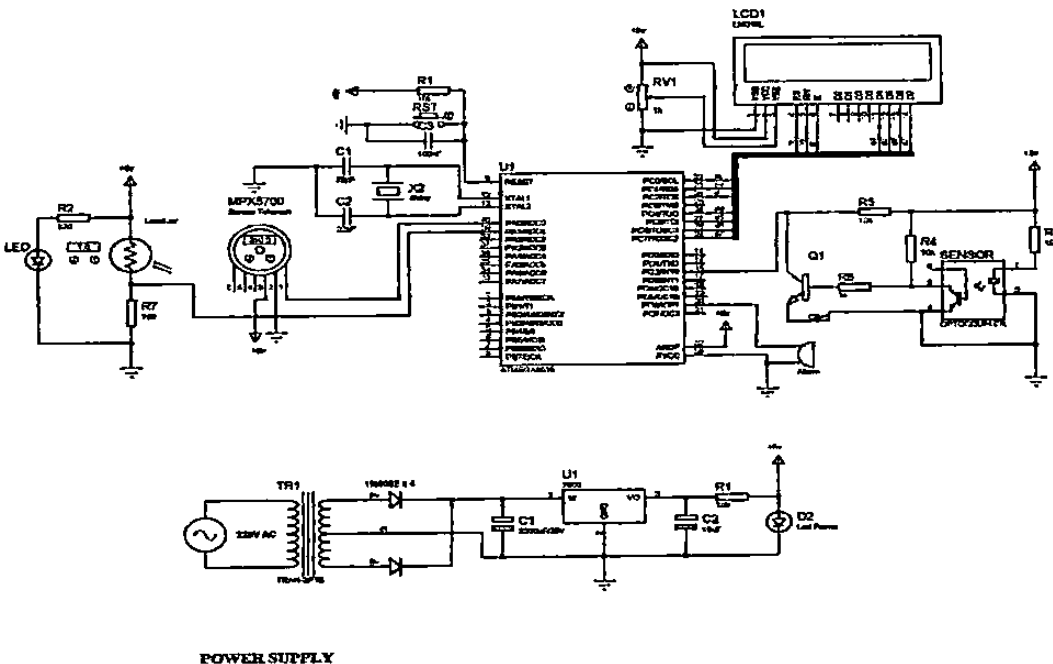
Catu daya yang dibuat terdiri dari jala-jala PLN dan dari trafo, dimana berfungsi sebagai sumber tenaga dari PLN yang bekerja menampung tegangan sehingga dapat membaca display.



Gambar 3.7 Catu Daya

- **Rangkaian Keseluruhan**

Rangkaian keseluruhan merupakan gabungan dari sistem-sistem yang telah dijelaskan diatas. Sehingga dengan penggabungan rangkaian sistem diatas terbentuklah suatu sistem kesatuan yang utuh yaitu rpm meter.



POWER SUPPLY

Gambar 3.8 Rangkaian Keseluruhan

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak

3.4.2.1. Spesifikasi Perangkat Lunak

Pemrograman *microcontroller* harus memperhatikan skema rangkaian yang dibuat. Karena program harus sesuai dengan definisi fungsi masing-masing port / pin yang terhubung dengan komponen lain sebagai pendukung operasi *microcontroller*. Apabila program yang dibuat tidak sesuai dengan definisi fungsi port / pin maka sistem tidak akan bekerja dengan benar.

Perangkat lunak untuk sistem ini dibangun dengan bahasa C dan menggunakan *CodeVisionAVR* versi 1.25.9 Standard sebagai kompilernya. Dalam IDE (*Integrated Development Environment*) *CodeVisionAVR* telah disertakan berbagai *library* untuk mendukung kemudahan pemrograman. *CodeVisionAVR* juga dilengkapi dengan *tool* tambahan seperti *CodeWizardAVR* dan Programmer. *CodeWizardAVR* digunakan untuk membuat kerangka program dengan pendefinisian fungsi per langkah (*wizard*). Sedangkan Programmer digunakan untuk mentransfer program hasil kompilasi ke dalam chip AVR.

Pendefinisian port / pin dan fungsi-fungsi *library* yang digunakan dalam pemrograman dijelaskan sebagai berikut:

a. ADC

Inisialisasi ADC diletakkan pada fungsi main dengan statemen sebagai berikut:

```
/*ADC inisialisasi*/
```

```
// ADC Clock frequency: 31.250 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x87;
```

ATMega8 mampu mengkonversi data tegangan analog ke dalam data digital dalam 10 bit. Rumus untuk ADC pada ATMega8 adalah:

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

Sehingga ketelitian input untuk mengubah bit LSB hasil konversi ADC adalah: ($V_{REF} = 5 \text{ V}$)

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

$$V_{IN} = \frac{ADC \cdot V_{REF}}{1024}$$

$$V_{IN} = \frac{ADC \cdot 5}{1024}$$

$$V_{IN} = 0,0048 \text{ ADC}$$

Dari persamaan di atas diketahui bahwa setiap perubahan tegangan input sebesar 4,8mV akan mengubah bit LSB pada ADC 10 bit.

Konversi ADC diatur dalam mode *free running*, yaitu *interrupt* khusus pada ADC internal ATMega8 yang akan mencuplik data analog menjadi data digital secara terus menerus. Proses

tersebut dikendalikan oleh statemen sebagai berikut:

```

// ADC interrupt service routine
// with auto input scanning
interrupt [ADC_INT] void adc_isr(void)
{
    register static unsigned char input_index=0;
    // Read the AD conversion result
    adc_data[input_index]=ADCW;
    // Select next ADC input
    if(++input_index > (LAST_ADC_INPUT-FIRST_ADC_INPUT))
        input_index=0;
    ADMUX=(FIRST_ADC_INPUT |(ADC_VREF_TYPE & 0xff))+input_index;
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
}

```

b. LCD

LCD dipasang pada port C dan menggunakan *library* standar

CodeVisionAVR sehingga didefinisikan sebagai berikut:

```

// Alphanumeric LCD Module functions
#asm
    .equ __lcd_port=0x15 ;PORTC
#endasm
#include <lcd.h>

```

Fungsi-fungsi *library* lcd.h yang digunakan dalam operasi

microcontroller adalah:

- unsigned char lcd_init(unsigned char lcd_columns);

Fungsi ini digunakan untuk menginisialisasi LCD,

kemudian tampilan dan melakukan posisi tulis pada

baris 0 dan kolom 0. Dalam perintah inisialisasi ini jumlah kolom LCD harus ditentukan, sehingga untuk LCD 16x2 diinisialisasi dengan `lcd_init(16);`. Fungsi inisialisasi ini akan memberikan nilai 1 apabila modul LCD terdeteksi dan memberikan nilai 0 apabila modul LCD tidak berhasil dideteksi. Fungsi inisialisasi ini harus dijalankan sebelum memanggil fungsi LCD yang lainnya.

- `void lcd_clear(void);`

Fungsi ini digunakan untuk membersihkan tampilan dan meletakkan posisi tulis pada baris 0 dan kolom 0.

- `void lcd_puts(char *str);`

Fungsi ini digunakan untuk menampilkan string `str`, yang terletak di SRAM, pada posisi *cursor* LCD.

- `void lcd_putsf(char flash *str);`

Fungsi ini digunakan untuk menampilkan string `str`, yang terletak di memori Flash, pada posisi *cursor* LCD.

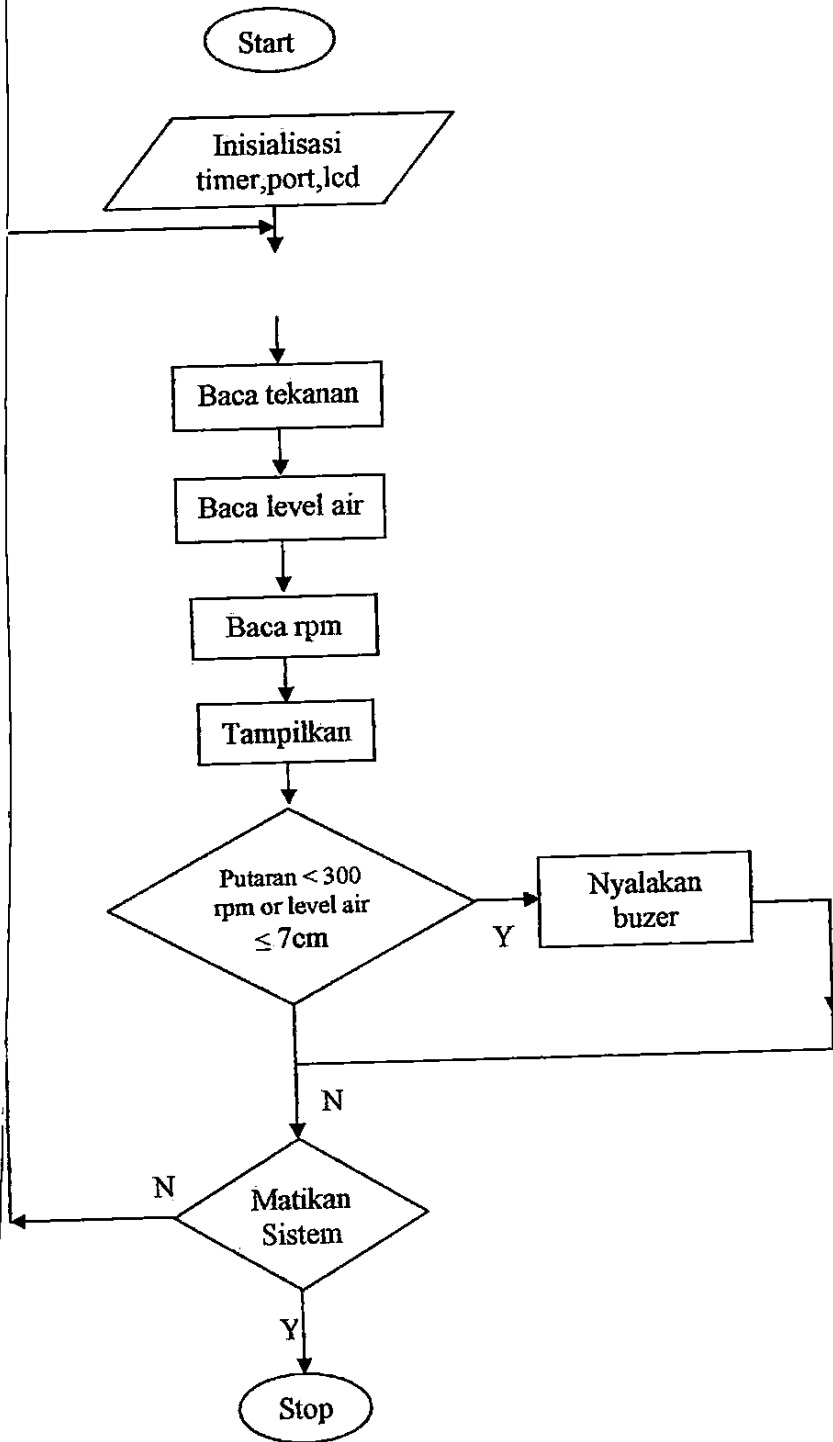
- `void lcd_gotoxy(unsigned char x, unsigned char y);`

Fungsi ini digunakan untuk meletakkan posisi tulis LCD pada kolom `x` dan baris `y`. Nomor kolom dan baris dimulai

3.4.2.2. Operasional Perangkat Lunak

Saat pertama kali sistem dinyalakan, *microcontroller* akan menjalankan program dari awal, yaitu dari inisialisasi hingga proses pengiriman data ke LCD. Urutan kerja program pada saat pertama kali dijalankan ditunjukkan oleh arah panah dalam Gambar 3.9. Pada proses tersebut dilakukan seluruh inisialisasi dan pengecekan semua komponen library yang dipergunakan. Setelah proses inisialisasi selesai dilanjutkan dengan pembacaan sensor-sensor dan konversi level air dengansatuan cm danputarandengansatuan psi. Dari data ini akan dilakukan proses perhitungan oleh mikrokontroller sehingga diperoleh jumlah air danjumlahputaran yang dikeluarkan, dimana jika jumlah dari masing-masing proses tersebut berkurang maka buzzer akan berbunyi. Kemudian data akan ditampilkan ke

1. LCD 2. Buzzer 3. Led 4. Buzzer 5. Led 6. Buzzer 7. Led 8. Buzzer 9. Led 10. Buzzer 11. Led 12. Buzzer 13. Led 14. Buzzer 15. Led 16. Buzzer 17. Led 18. Buzzer 19. Led 20. Buzzer 21. Led 22. Buzzer 23. Led 24. Buzzer 25. Led 26. Buzzer 27. Led 28. Buzzer 29. Led 30. Buzzer 31. Led 32. Buzzer 33. Led 34. Buzzer 35. Led 36. Buzzer 37. Led 38. Buzzer 39. Led 40. Buzzer 41. Led 42. Buzzer 43. Led 44. Buzzer 45. Led 46. Buzzer 47. Led 48. Buzzer 49. Led 50. Buzzer 51. Led 52. Buzzer 53. Led 54. Buzzer 55. Led 56. Buzzer 57. Led 58. Buzzer 59. Led 60. Buzzer 61. Led 62. Buzzer 63. Led 64. Buzzer 65. Led 66. Buzzer 67. Led 68. Buzzer 69. Led 70. Buzzer 71. Led 72. Buzzer 73. Led 74. Buzzer 75. Led 76. Buzzer 77. Led 78. Buzzer 79. Led 80. Buzzer 81. Led 82. Buzzer 83. Led 84. Buzzer 85. Led 86. Buzzer 87. Led 88. Buzzer 89. Led 90. Buzzer 91. Led 92. Buzzer 93. Led 94. Buzzer 95. Led 96. Buzzer 97. Led 98. Buzzer 99. Led 100. Buzzer



Gambar 3.9 Alur Diagram

Proses Pembuatan dan Pengerjaan Alat

3.5.1 Pengadaan Alat dan Bahan

- **Peralatan**

1. Solder
2. Timah, Pelarut
3. Papan PCB
4. Bor, Gergajibesi
5. Komputer
6. Software pendukung AvrCodevision

- **Bahan**

1. Sensor Optocoupler
2. Sensor Tekanan MPX5700
3. CatuDaya
4. LDR
5. Keypad
6. AT Mega8535
7. LCD
8. Resistor, Kapasitor, Diode, Transistor, IC (TTL, resistor, diode, Kapasitor, dll)

3.5.2 Proses Pengerjaan

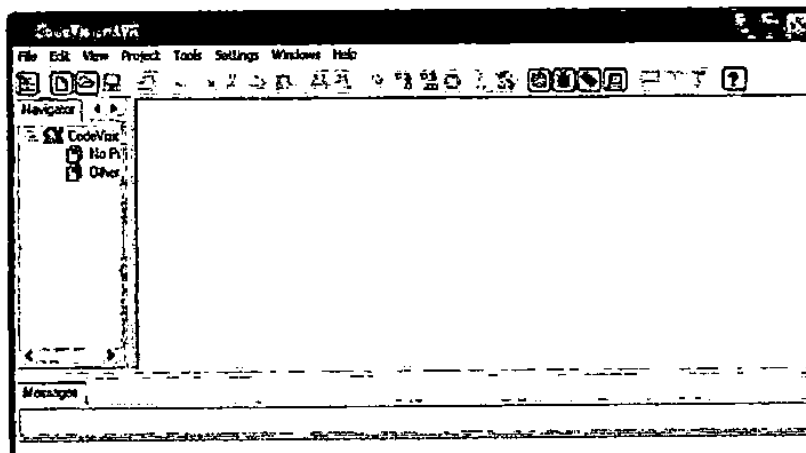
1. Membuat rangkaian pada program Proteus-ISIS
2. Membuat rangkaian PCB pada Proteus-ARES
3. Mengkonversi gambar PCB dari proteus ARES kedalam PCB

Yaitu dengan cara mencetak gambar kedalam kertas glosy kemudian gambar tersebut disetrika pada papan PCB polos, dengan demikian jalur PCB yang dibuat dapat menempel dalam papan PCB

4. Melarutan papan PCB yang telah tertempel papan dengan Ferryclorida (F_3CL_3).
5. Pengeboranpapan PCB
6. Penyolderan

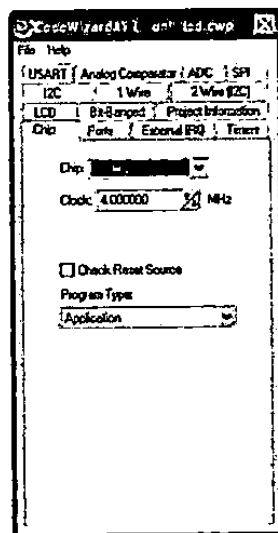
3.5.3 Proses Pengerjaan Perangkat Lunak AVRCodevison 1.25.9

Untuk memulai pemrograman C dengan AVR ,Buka program CodeVisionAVR caranya klik Start- AllPrograms- CodeVisionAVR- CodeVisionAVR C Compiler.



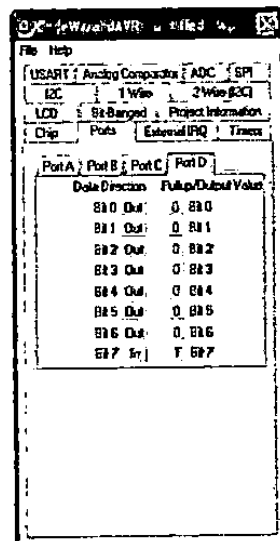
Untuk memulai membuat project baru klik File-New maka akan keluar 2 pilihan yaitu source atau project. Karena kita akan membuat project maka pilih Project. Setelah itu akan keluar kotak konfirmasi apakah kita akan menggunakan fasilitas Code Wizard AVR atau tidak. Pilih Yes.

Pilih chip yang digunakan yaitu ATmega8535 dan clock yang digunakan 4MHz

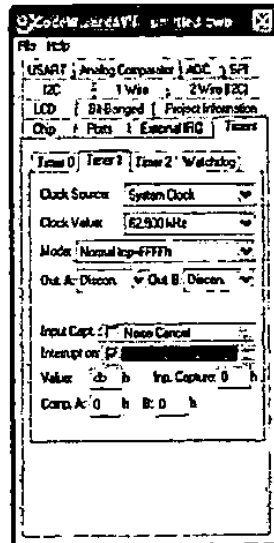


Gambar 3.11. Setting Chip yang digunakan

Pilih tab Port/Port D atur semua pin (Bit 0-bit 7) pada port D dengan cara klik tiap bit pada *Data Direction*

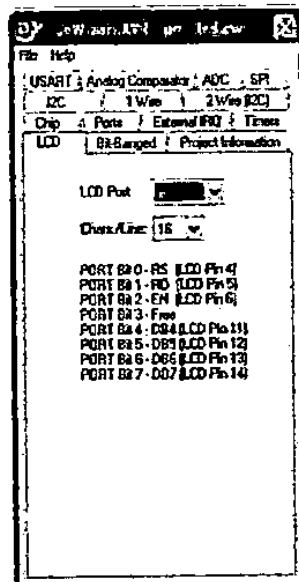


Pilih tab Timer|Timer1 atur beri cek list pada interrupt on dan beri nilai db pada *Value*.



Gambar 3.13. Setting Timer yang digunakan

Pilih tab LCD pilih Port C



Gambar 3.14. Setting LCD

Setelah semua konfigurasi/ Setting Klik File- Generate and Save and Exit. Simpan

Pengujian

3.6.1 Pengujian Catu Daya

Tegangan yang dibutuhkan untuk pembuatan alat adalah 5 volt. Untuk tegangan 5 volt menggunakan IC *regulator* LM7805. Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter, dan adaptor range 0 - 24 V.

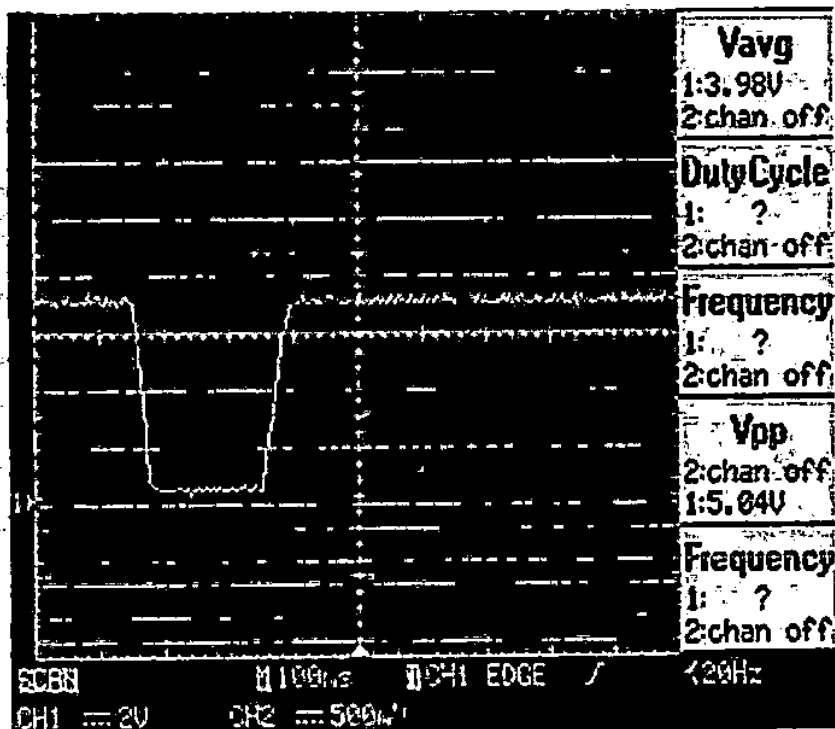
Tabel 3.1. Hasil Validasi Catu Daya untuk *Regulator* LM7805

No	Tegangan Input (DC)	Tegangan Output	Keterangan
1	2,79 volt	0,13 volt	Gagal
2	4,58 volt	1,68 volt	Gagal
3	5,87 volt	4,83 volt	OK
4	7,26 volt	4,95 volt	OK
5	9,45 volt	4,96 volt	OK

Berdasarkan data pengujian menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan *input* dan tegangan *output* LM7805 bersifat stabil. Tegangan keluaran yang berbeda disebabkan oleh banyak hal seperti kondisi pengukuran yang berbeda saat pengambilan data atau dapat pula disebabkan oleh kondisi IC LM7805 itu sendiri karena hasil produksi pabrikan tak ada yang sempurna tepat mencapai tegangan 5 Volt. Tetapi berdasarkan data hasil pengukuran prosentase nilai error masih jauh dari batas nilai error yang diperbolehkan untuk IC LM7805

3.6.2 Pengujian Sensor Optocoupler

Pengujian optocoupler ini bertujuan untuk melihat karakteristik gelombang keluaran dari sensor optocoupler. Pengujian dilakukan dengan melihat gelombang output /keluaran dari optocoupler pada osiloskop. Berikut hasil pengujiannya:



Gambar 3.15. Gelombang Keluaran pada Optocoupler

Dari Pengujian tersebut ternyata bentuk gelombang keluaran pada saat optocoupler tak terhalang (tegangan 4,8V) adalah mendekati kotak, perubahan tersebut di baca sebagai logika 0 yang kemudian dijadikan interapt pada

3.6.3 Pengujian Penampil

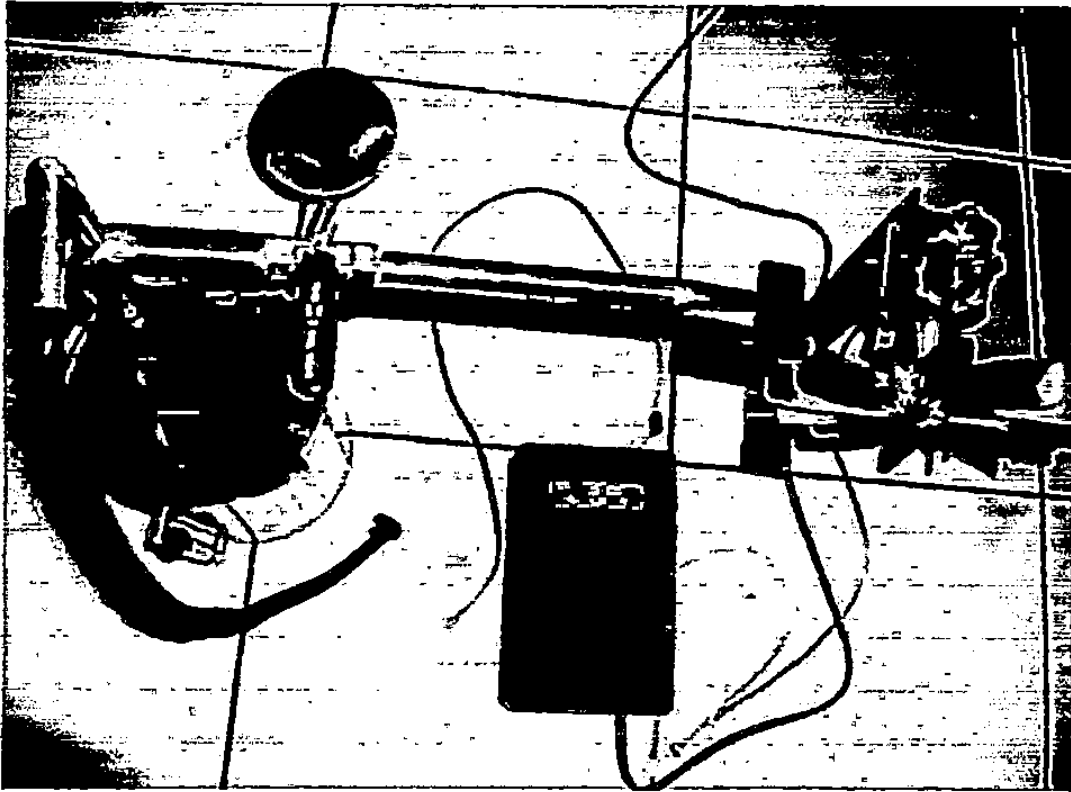
Pengujian penampil bertujuan untuk mengetahui bekerja tidaknya display pada LCD; bagian yang diuji termasuk ketajaman tampilan dan lampu backlight sehingga dapat bekerja maksimal. Cara pengujian dilakukan dengan cara memutar trimpot yang terhubung pada kaki VEE / Kontras LCD pada pin 3 untuk mengatur ketajaman karakter.



Gambar 3.16 Tampilan LCD

3.6.4 Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian kali ini melibatkan keseluruhan rangkaian yang telah dirancang. Pengujian rangkaian mikrokontroler adalah pengujian terhadap semua fungsi yang ada dalam rangkaian tersebut yang telah terintegrasi dalam suatu rangkaian yang untuk meliputi pengujian LCD, pengujian sensor suhu, dan penampil



Gambar 3.17 Alat Keseluruhan

3.6.5 Analisis Data

Data yang dianalisis adalah hasil dari percobaan alat yang dibuat yaitu ketel uap listrik, dimana yang diteliti disini adalah kendali putaran kincir pada prototype pada ketel uap. Dari hasil percobaan pada saat ketel uap dipanaskan kemudian uap air tersebut ditampung terlebih dahulu didalam kran dalam waktu 45 menit, dengan tekanan 25 psi, kemudian kran dibuka. Pada saat kran dibuka uap keluar sehingga memutar kincir dengan putaran 1200rpm dengan tegangan keluaran sekitar 3-4 V. Dimana untuk menghitung putaran kincir ini menggunakan sensor optocoupler yang berfungsi untuk mendeteksi berapa putaran kincir yang berputar pada saat uap dikeluarkan. Apabila putaran yang dikeluarkan kurang dari 300rpm,

maka buzzer akan berbunyi fungsinya memberi alarm bahwa putarannya mulai

Tabel 3.2 Perbandingan antara tegangan dengan putaran

Beban (lampu led)	Tegangan	Arus	Putaran	Daya
0	3–4 V	0.04 A	1020 rpm	0.16 W
4	3,9 V	0.039 A	960 rpm	0.15 W
8	3,5 V	0.035 A	900rpm	0.12 W
12	3,1 V	0.031 A	820rpm	0.09 W
16	2,9 V	0.029 A	760rpm	0.08 W

Dari data diatas maka :

Untuk mengetahui daya pada masing-masing lampu led adalah:

- $P = V \times I$, Dimana tanpa beban

$$P = 4 \times 0.04 = 0.16 \text{ W}$$

- $P = V \times I$, Dimana dipasang 4 lampu led

$$P = 3.9 \times 0.039 = 0.15 \text{ W}$$

- $P = V \times I$, Dimana dipasang 8 lampu led

$$P = 3.5 \times 0.035 = 0.12 \text{ W}$$

- $P = V \times I$, Dimana dipasang 12 lampu led

$$P = 3.1 \times 0.031 = 0.0961 \text{ W}$$

- $P = V \times I$, Dimana dipasang 16 lampu led

$$P = 2.9 \times 0.029 = 0.084 \text{ W}$$

Jadi apabila beban yang diberikan bertambah maka putaran yang