

BAB III

PERANCANGAN, PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

III.1 Data-data Teknis Ketel Uap Listrik

Kapasitas	:	1,5 liter/jam
Tekanan	:	25 psi
Temperatur	:	$\pm 150^{\circ}\text{C}$
Bahan bakar	:	pemanas listrik (<i>heater</i>)

III.2 Prinsip Kerja Ketel Uap Listrik

Proses kerja dari ketel uap listrik didalam menghasilkan uap dengan diawali memasukkan air ke dalam ketel kemudian dipanaskan dengan menggunakan pemanas listrik (*heater*). Setelah air mendidih dan menghasilkan uap air, yang dimana uap air tersebut ditampung terlebih dahulu agar mempunyai tekanan kemudian dikeluarkan melalui kran. Kemudian uap bertekanan yang dikeluarkan tadi digunakan untuk memutar kipas atau turbin. Sehingga hasil dari putaran kipas dapat menyalakan lampu.

III.3 Perencanaan Proses Kendali Muka/Level Air pada Ketel Uap Listrik

Proses dari kendali muka air ini adalah diawali dengan pemanasan air didalam ketel. Setelah panas dan mendidih kemudian menghasilkan uap air yang uapnya

memutar kincir/turbin. Untuk mendapatkan putaran yang konstan dari kincir/turbin maka perlu mengontrol permukaan atau level dari air yang dipanaskan agar tetap konstan pula. Untuk pengontrolan level air dari ketel tersebut dengan memakai LDR dan buzzer. Dimana LDR berfungsi sebagai pendeteksi level airnya. Dan buzzer berfungsi untuk memberi tanda berupa bunyi alarm yang akan mengeluarkan bunyi ketika air pada ketel dalam posisi low dengan nilai range yang telah ditentukan terlebih dahulu.

III.4 Perancangan

III.4.1 Perancangan Dasar

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 (*water threatment*),
- Konstruksi ketel,
- Prosedur pengoperasian,

Dalam melakukan perancangan terlebih dahulu harus melakukan penganalisaan kebutuhan alat yang akan dibuat. Semua dilakukan agar sesuai dengan kebutuhan dan dapat berfungsi dengan baik sehingga tujuan yang diinginkan dapat tercapai.

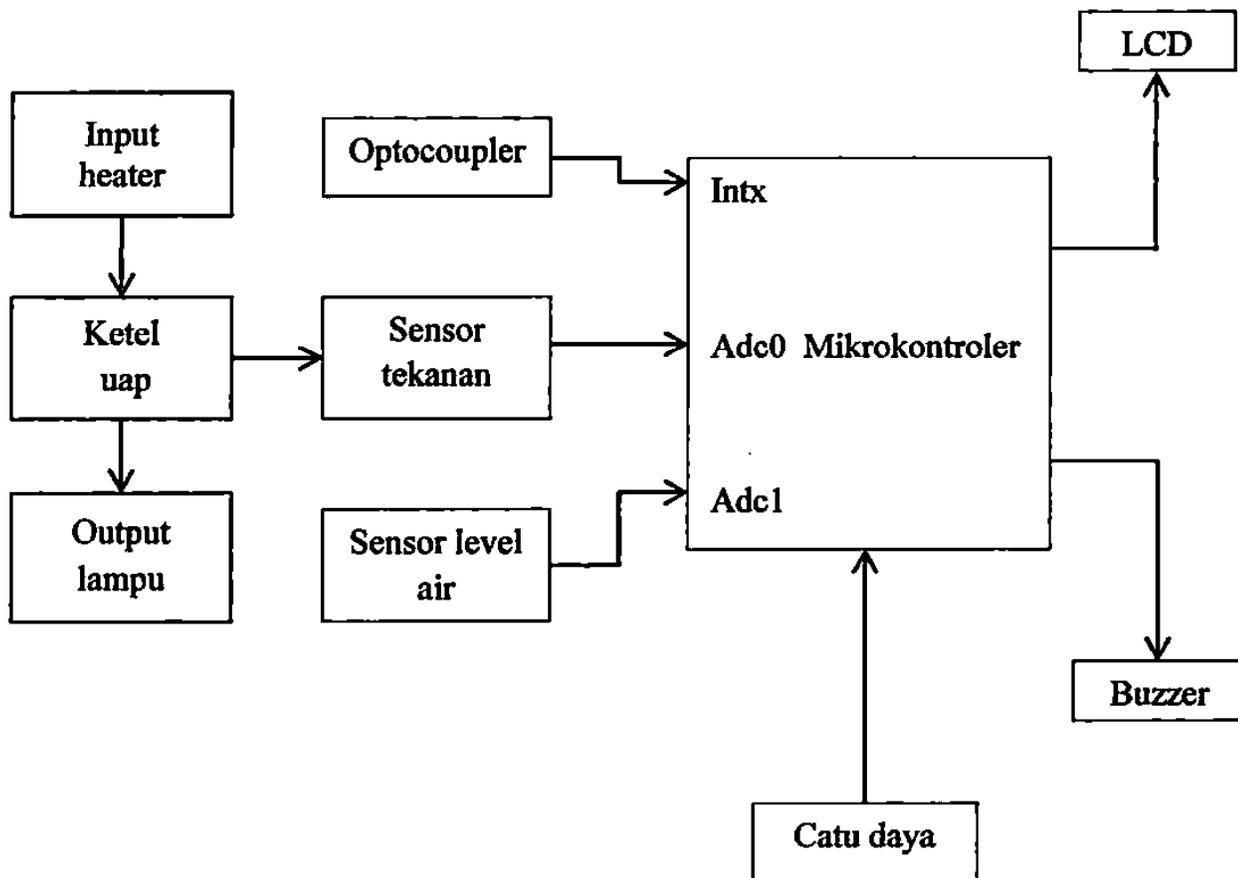
Analisis kebutuhan merupakan batasan masalah pada tujuan yang diharapkan dari system yaitu pengontrolan level air pada permukaan ketel uap listrik. Analisis kebutuhan dari alat yang akan dibangun adalah sebagai berikut :

- Alat ini menggunakan 3 sensor yaitu
 - Sensor tekanan (MPX 5700) yang berfungsi untuk membaca tekanan ketika pemanasan air dilakukan pada ketel uap.
 - Sensor LDR yang berfungsi untuk membaca dan mengetahui apabila jarak air dalam ketel berkurang dari range yang sudah ditentukan.
 - Sensor optocoupler yang berfungsi untuk mengetahui jumlah putaran pada kincir atau turbin ketika ketel yang airnya sudah mendidih dan mempunyai tekanan dibuka.
- Alat ini menggunakan 2 kran, dimana kran tersebut masing-masing diletakkan diatas satu sebagai output dari tekanan dan yang satunya lagi diletakkan dibawah ketel untuk memasukkan air.
- Alat ini juga menggunakan buzzer sebagai penanda alarm jika air yang berada dalam ketel berkurang saat proses pemanasan dan juga penanda alarm jika putaran pada kincir atau turbin mulai berkurang kecepatannya. Hal ini dilakukan agar air dalam

- Sistem ketel uap listrik ini menampilkan informasi tentang nilai tekanan maksimal setelah selesai dipanaskan dalam satuan psi, perbedaan jarak air setelah pemanasan dalam satuan cm dan jumlah putaran maksimum ketika uap dikeluarkan (dalam satuan rpm).

Setelah menganalisis kebutuhan dari alat dibuat, kita dapat menentukan spesifikasi alat. Secara umum ketel uap listrik mini ini spesifikasinya sebagai berikut :

- 1) Tiga sensor (MPX 5700, LDR, Optocoupler) yang masing-masing berfungsi :
 - Sensor tekanan (MPX 5700) berfungsi untuk membaca nilai dari tekanan maksimal saat proses pemanasan.
 - Sensor level air, disini menggunakan LDR yang dimana LDR ini digunakan untuk membaca dan mengetahui jarak air yang berkurang saat proses pemanasan dilakukan.
 - Sensor optocoupler yang digunakan untuk membaca dan mengetahui jumlah putaran yang ada pada kincir atau turbin pada saat uap dikeluarkan setelah proses pemanasan selesai.
- 2) Rangkaian mikrokontroler sebagai pengolah input dari rangkaian sensor.
- 3) Buzzer sebagai penanda alarm pada saat jarak air berkurang ketika proses pemanasan dan ketika putaran pada kincir / turbin juga berkurang kecepatannya.
- 4) LCD sebagai penampil.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Ketel Uap Listrik Mini

III.4.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dalam program ini terbagi atas 2 bagian yaitu :

III.4.2.1 Mekanik

Bahan dasar pembuatan ketel uap listrik ini dari bahan stainless steel, dimana bahan ini dilas dan dibentuk sesuai dengan rancangan yang sudah direvisikan terlebih dahulu. Setelah jadi ketel tersebut diisi

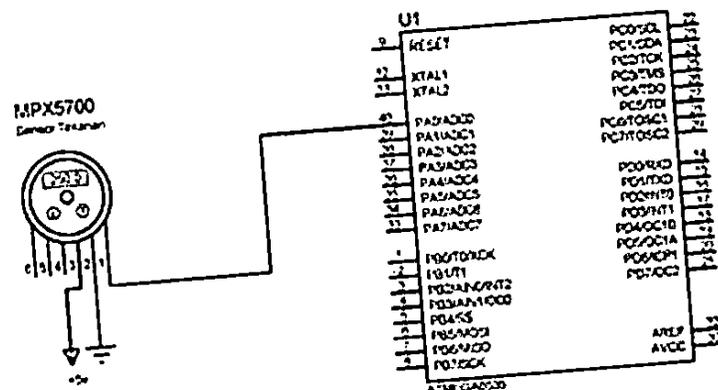
Bagian-bagian dari ketel uap listrik yaitu:

- 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.

III.4.2.2 Elektris

III.4.2.2.1 Sensor MPX 5700

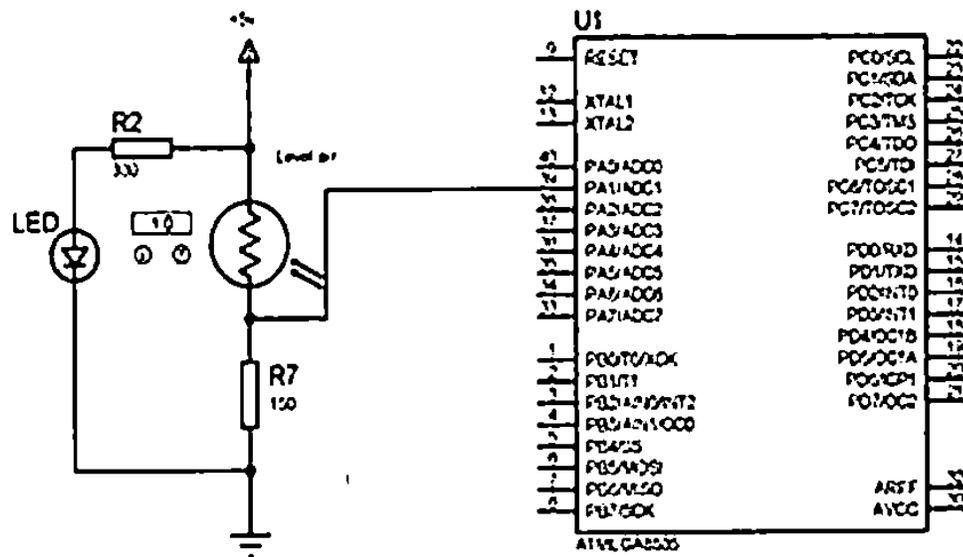
Untuk dapat membaca dan mengetahui jumlah tekanan maksimal dari uap air yang ada pada ketel uap listrik digunakan suatu mekanisme optik yang disebut MPX, namun disini kita memakai MPX dengan seri 5700. Keluaran dari sensor ini adalah tegangan pada level 0 hingga 5V sesuai dengan data pengukuran dari output pada MPXnya.



Gambar 3.2 Rangkaian Sensor Tekanan

III.4.2.2.2 Sensor LDR

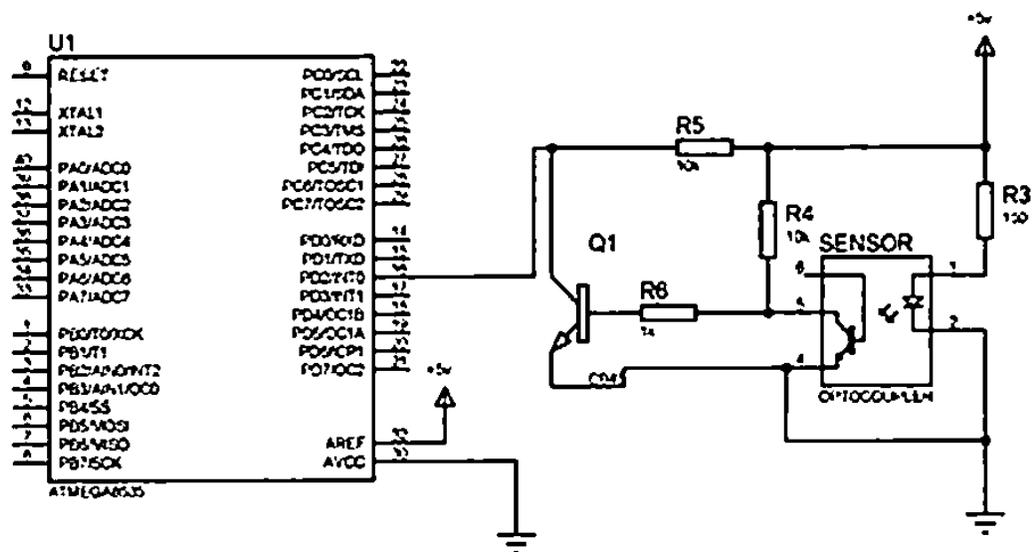
LDR disini dipakai sebagai pendeteksi level air, dimana ketika air melewati cahaya maka semakin banyak cahaya yang masuk ke LDR sehingga tegangan keluaran dari rangkaian sensor bertambah. Keluaran dari sensor ini juga adalah tegangan pada level 0 hingga 5v sesuai dengan data pengukuran outputnya.



Gambar 2.2 Rangkaian Sensor LDR

III.4.2.2.3 Sensor Optocoupler (Putaran)

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. Keluaran dari sensor ini adalah tegangan pada level 0 hingga 5V sesuai dengan data pengukuran dari outputschmit trigger yaitu pada kolektor transistor C945.



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Optocoupler

$$\begin{aligned}
 R3 \text{ diperoleh dari : } R_{led} &= \frac{V_{cc} - V_{Led}}{I_{aman_led}} \\
 &= \frac{5 - 2}{0,02} \\
 &= 150 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

R4 bernilai 10k, dengan nilai ini menghasilkan kecepatan respon sebesar 80 us. Sedangkan R5 dan R6 didapat dari perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_c &= \frac{V_{cc}}{R5} \\
 &= \frac{5}{10000} \\
 &= 0,0005 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{bsaturasi} &= \frac{I_c}{h_{fe}} \\
 &= \frac{0,0005}{190} \\
 &= 0,0000026 \text{ A}
 \end{aligned}$$

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

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R6}$$

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

$$= 0.0043A$$

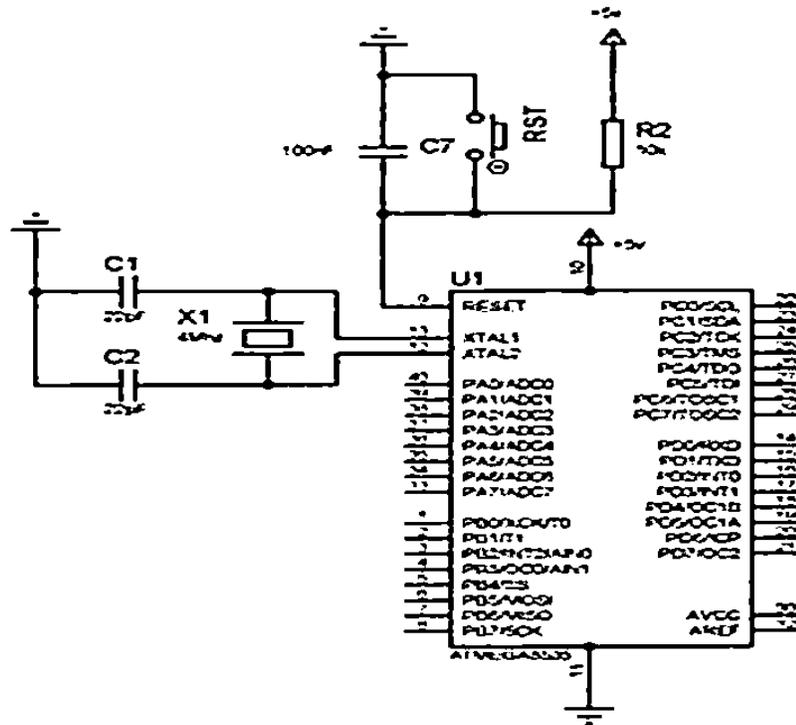
Dengan demikian diperoleh $I_b > I_b$ saturasi yang menyebabkan arus dari R5 akan mengalir ke ground sehingga terdapat tegangan pada V_{out} nya.

R5 adalah nilai asumsi untuk mendapatkan I_c , pada rangkaian ini digunakan R 10k ohm dan R6 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.

III.4.2.2.4 Microcontroller 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 3.3. 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

... nilai 1 (*high*) pada kaki reset selama tombol



Gambar 3.5 Sistem Minimum ATmega8535

III.4.2.2.5 Rangkaian Penampil LCD 16X2

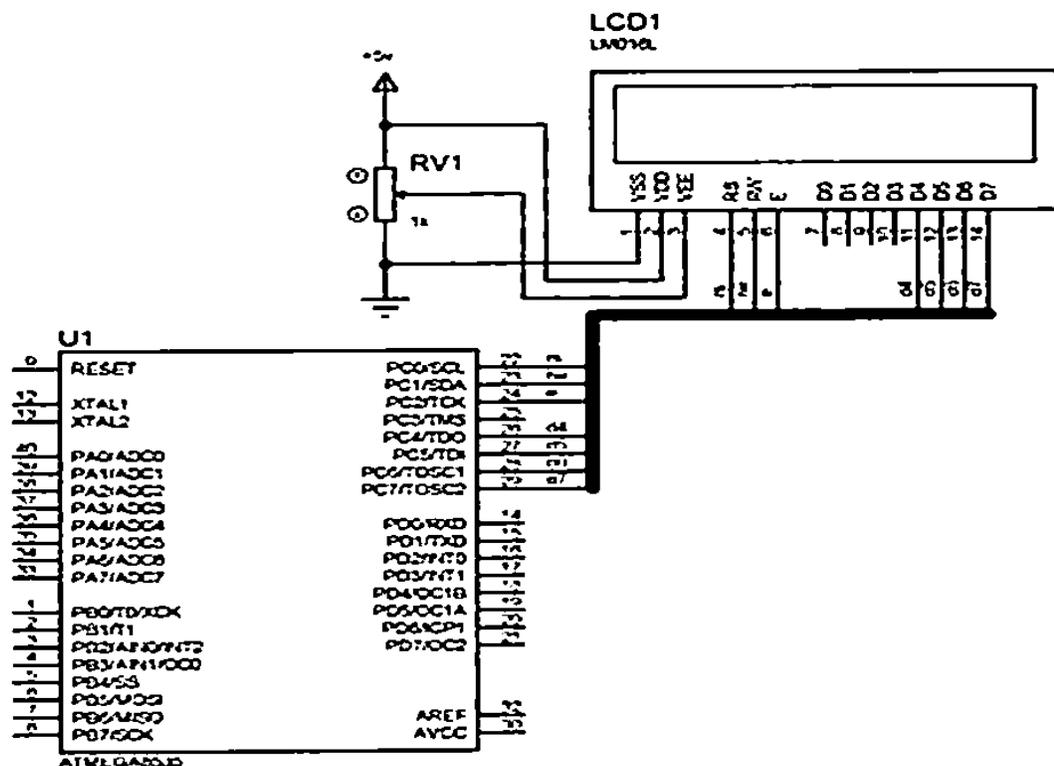
Rangkaian penampil menggunakan *LCD* pada penampilnya. Rangkaian *LCD* sebagai penampil dihubungkan dengan mikrokontroler. Seperti terlihat pada Gambar 3.6, interaksi antara *microcontroller* dengan modul *LCD* menggunakan sistem pengiriman data 4 bit. Sehingga hanya 4 pin dari *bus* data *LCD* yang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

Pin E, RS, dan R/W digunakan untuk mengendalikan operasi *LCD*. Untuk semua operasi *LCD*, pin E (*enable*) harus dalam kondisi 1

(1:1). 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*.

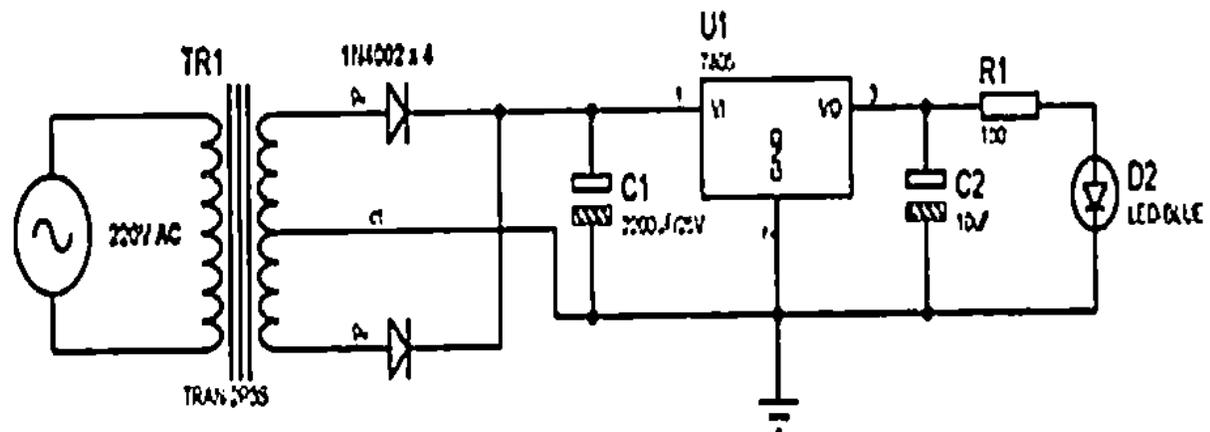
Pin VDD dihubungkan dengan sumber tegangan +5V dan VSS dihubungkan dengan GND. Sedangkan VEE digunakan untuk mengatur kontras LCD.



Gambar 2.6 Diagram LCD 16x2

III.4.2.2.6 Rangkaian Catu Daya

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

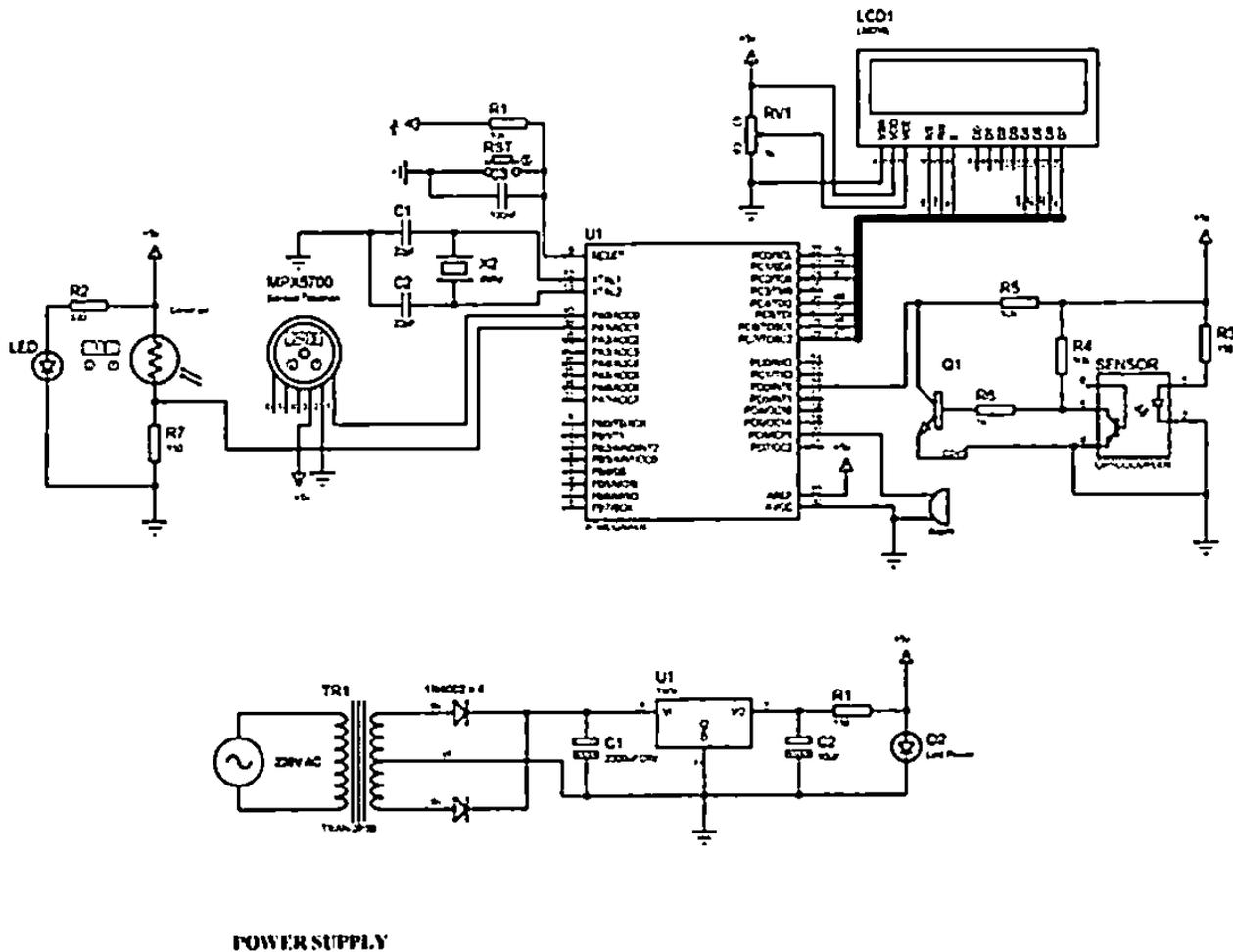


Gambar 3.7 Catu Daya

III.4.2.2.7 Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan merupakan gabungan dari sistem-sistem yang telah dijelaskan diatas. Sehingga dengan penggabungan rangkaian

... ..



Gambar 3.8 Rangkaian Keseluruhan

III.4.3 Perancangan Perangkat Lunak

III.4.3.1. 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

hardware pendukung operasi *microcontroller*. Apabila program

yang dibuat tidak sesuai dengan definisi j
tidak akan bekerja dengan benar.

Perangkat lunak untuk sistem ini
dan menggunakan *CodeVisionAVR* ver
kompilernya. Dalam IDE (*Integrated
CodeVisionAVR*) telah disertakan berbagai
kemudahan pemrograman. *CodeVisionA
tool* tambahan seperti *CodeWizar
CodeWizardAVR* digunakan untuk membi
pendefinisian fungsi per langkah (*wizar
digunakan untuk mentransfer program h
AVR.*

Pendefinisian port / pin dan
digunakan dalam pemrograman dijelaskan

a. ADC

Inisialisasi ADC diletakkan pada f
sebagai berikut:

```
// ADC initialization
```

```
// 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

... .. 4,8mV akan menambah bit LSB pada

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 dikerjakan oleh statemen sebagai berikut:

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x00

// 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
```

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, membersihkan tampilan dan meletakkan 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);`

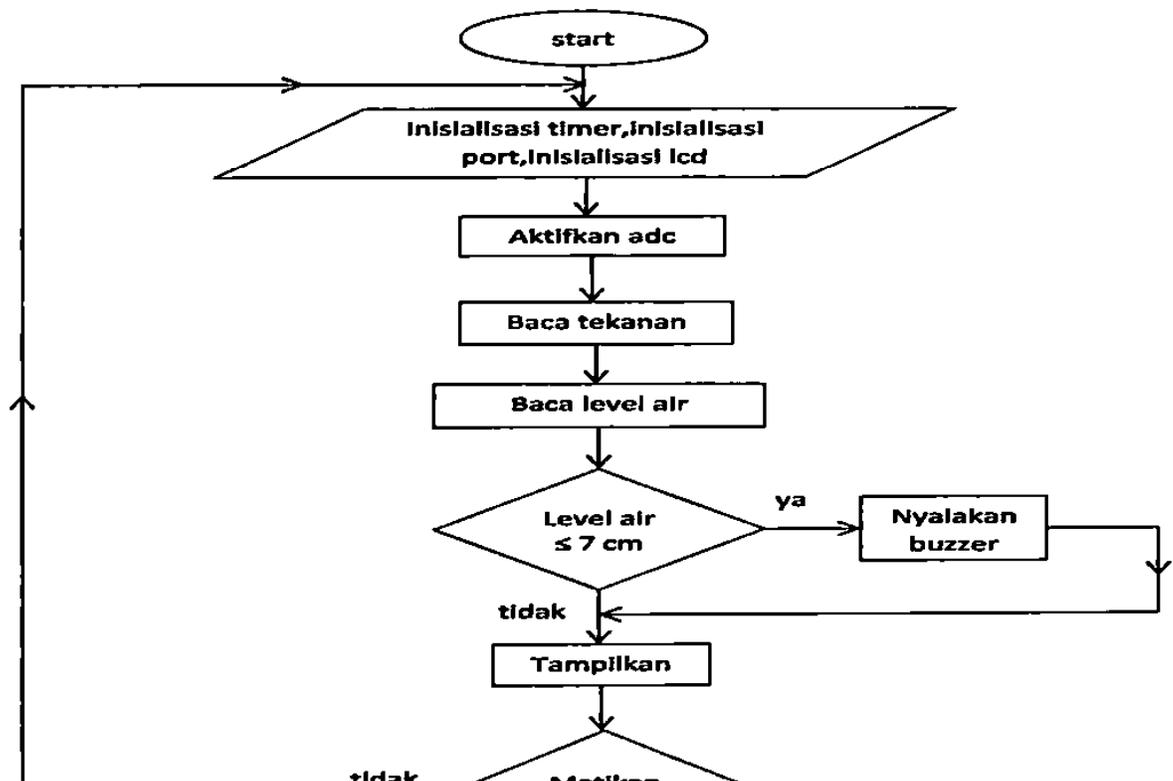
Fungsi ini digunakan untuk meletakkan posisi tulis LCD pada kolom *x* dan baris *y*. Nomor kolom dan baris dimulai dari 0 (nol).

III.4.3.2. 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 digunakan. Setelah proses inisialisasi

selesai dilanjutkan dengan pembacaan sensor-sensor dan konversi level air dengan satuan cm dan putaran dengan satuan psi. Dari data ini akan dilakukan proses perhitungan oleh mikrokontroller sehingga diperoleh jumlah air dan jumlah putaran yang dikeluarkan, dimana jika jumlah dari masing-masing proses tersebut berkurang maka buzzer akan berbunyi. Kemudian data akan ditampilkan ke penampil LCD, proses ini berlangsung terus-menerus selama tombol power tidak dimatikan.



III.5 Proses Pembuatan dan Pengerjaan Alat

III.5.1 Pengadaan Alat dan Bahan

- **Peralatan**

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

- **Bahan**

1. Sensor Optocoupler
2. Sensor Tekanan MPX5700
3. Catu Daya
4. LDR
5. Keypad
6. AT Mega8535
7. LCD

- *Komponen pendukung (Elao, resistor, diode, Kapasitor dll)*

III.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

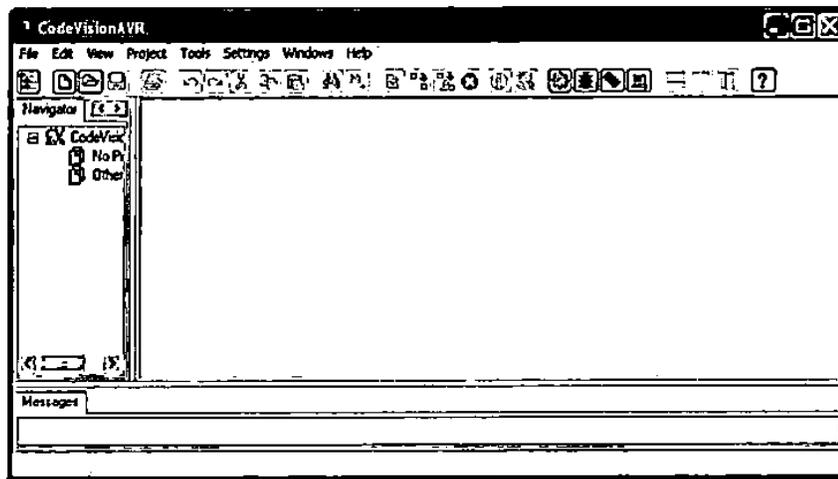
Yaitu dengan cara mencetak gambar kedalam kertas glosy kemudian gambar tersebut disetrika pada papan PCB polos, dengan demikian jalur PCB yang dibuat dapat menempel dalam papan PCB

4. Melarutan papan PCB yang telah tertempel papan dengan Ferry Clorida (F_3CL_3).
5. Pengeboran papan PCB
6. Penyolderan

III.5.3 Proses Pengerjaan Perangkat Lunak AVRCodevison 1.25.9

Untuk memulai pemrograman C dengan AVR ,Buka program

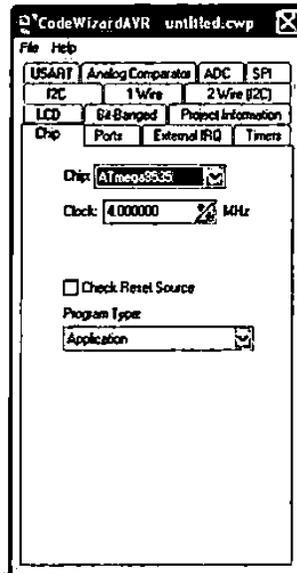
CodeVisionAVR -> File -> Start -> AllPrograms -> CodeVisionAVR -



Gambar 3.10. Jendela CodevisonAVR

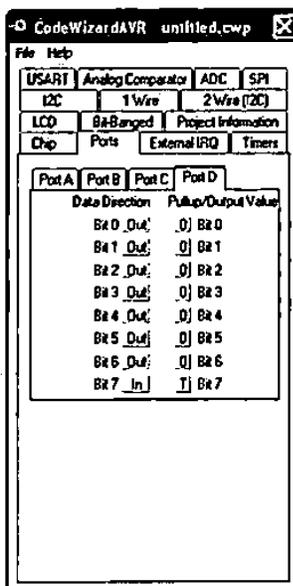
Untuk memulai membuat project baru klik File-New maka akan keluar 2 pilihan yaitu source atau project. Karena kita akan membuat project maka pilih Project. Setelah itu akan keluar kotak konfirmasi apakah kita akan menggunakan fasilitas CodeWizartAVR atau tidak. Pilih Yes.

Pilih chip yang digunakan yaitu ATmega9525 dan clock yang digunakan



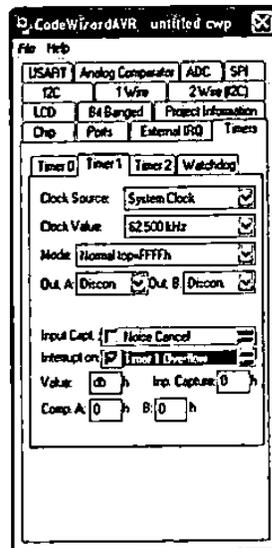
Gambar 3.11. Setting Chip yang digunakan

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



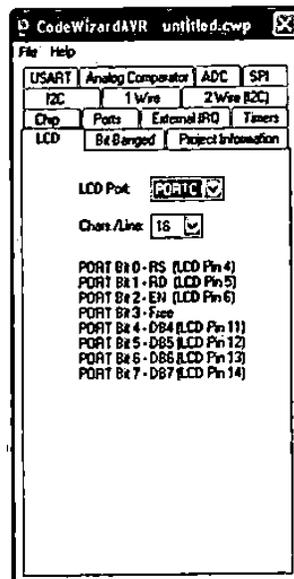
Gambar 3.12. Setting Port yang digunakan

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 Project pada folder yang telah di tentukan.

III.6 Pengujian

III.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

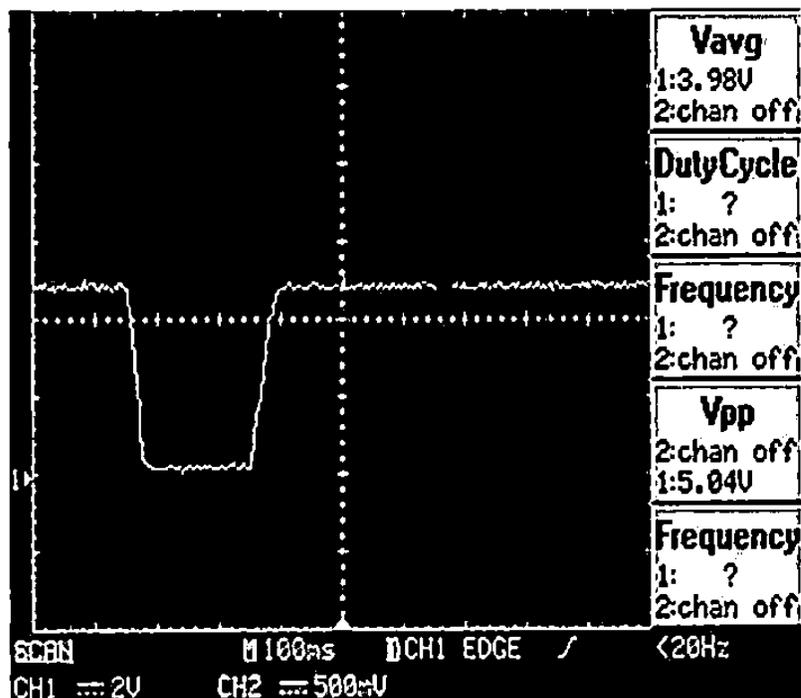
No	Tegangan Input (DC)	Tegangan Output	Keterangan
1	2,79 volt	0,13 volt	Gagal
2	4,58 volt	1,68 volt	Gagal
3	5,87 volt	4,83 volt	OK
4	7,26 volt	4,95 volt	OK
5	9,45 volt	4,96 volt	OK

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 yaitu sebesar 4%.

III.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 mikrokontroler ATmega8535 untuk memberi nilai 0 pada interupsi eksternal 0.

III.6.3 Pengujian Penampil

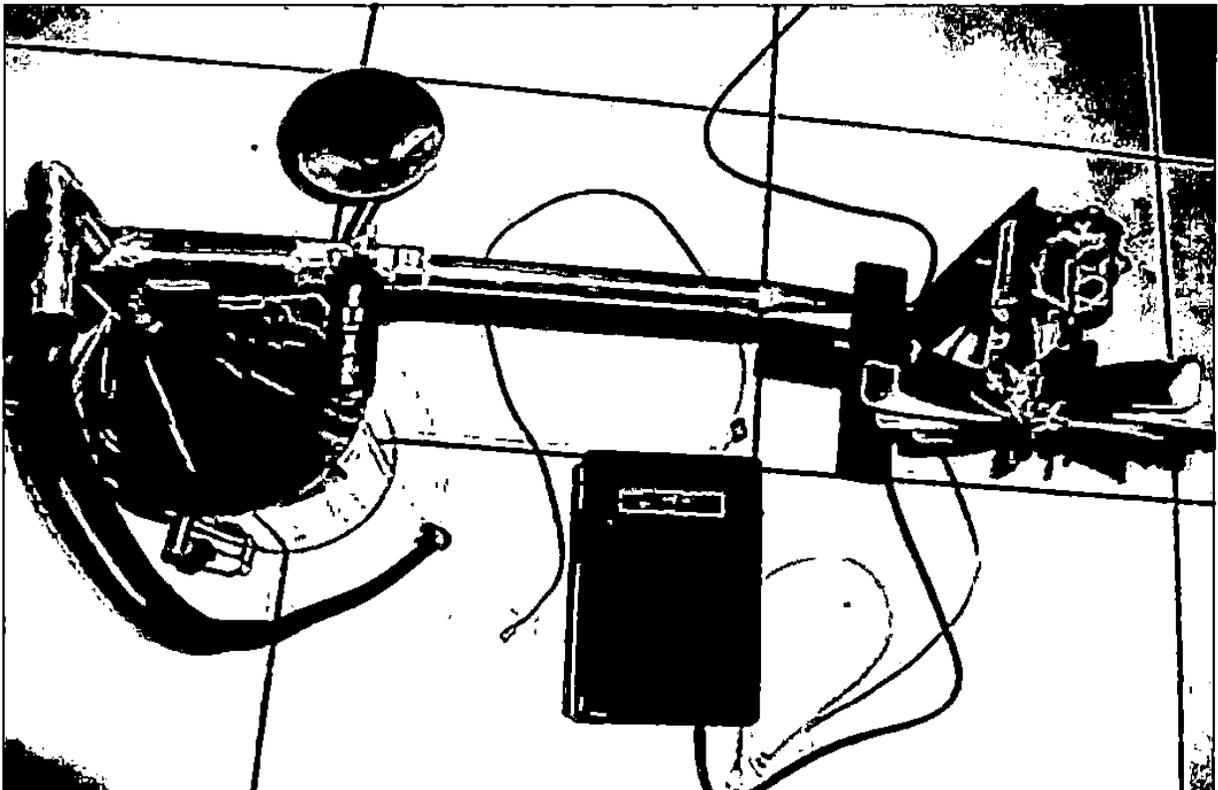
Pengujian penampil bertujuan untuk mengetahui bekerja tidaknya display pada LCD, bagian yang diuji termasuk ketajaman tampilan dan lampu backlight sehingga dapat bekerja maksimal. Cara pengujian dilakukan dengan cara memutar trimpot yang terhubung pada kaki VEE / Kontras LCD pada pin 3 untuk mengatur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



Gambar 3.16 Tampilan LCD

III.6.4 Pengujian Keseluruhan Alat

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



III.6.5 Analisis Data

Data yang akan dianalisis adalah data hasil percobaan dari alat yang dibuat yaitu ketel uap listrik mini dimana yang diteliti adalah alat deteksi muka air pada prototype ketel uap. Dari hasil percobaan, pada saat ketel yang berisi air mulai dipanaskan sampai sekitar 45 menit dan sudah mempunyai tekanan uap yang cukup yaitu pada 25 psi kemudian uap akan dikeluarkan untuk memutar kincir / turbin, disini LDR mulai bekerja untuk mendeteksi cahaya pada level airnya. Dimana ketika air melewati cahaya maka semakin cahaya yang masuk ke LDR sehingga tegangan keluaran bertambah dari rangkaian sensor. LDR berfungsi mendeteksi cahaya dengan cara menempelkan LDR pada dan dipasangkan dengan lampu led dan diberi range angka sekitar 7-10 cm, dimana jika air sudah berada di angka 7 cm, maka buzzer akan berbunyi, sehingga air harus ditambah. Deteksi ini diharapkan agar air yang berada di dalam ketel tetap konstan sehingga menghasilkan uap