

IMPLEMENTASI SENSOR *LEVEL*

UNTUK ALAT UKUR VOLUME CAIRAN SERBA GUNA

DI LINGKUNGAN INDUSTRI

Sumardi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedharto, S.H., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
E-mail: sumardi.undip@gmail.com

Abstract. Nowadays technology development has influence in our daily life, in all aspects, especially in industry. In industry the need of good control system could support the operational and increase the production efficiency. For example industrial automation for filling and releasing the liquid to or from the tank.

There is a problem we don't know the liquid in the tank is full or empty, say someone must look inside the tank or measure the liquid volume manually. This is not so practical according to time inefficiency and inaccurate manual measurement, cause decreasing performance of the next process.

In this research we develop a measurement device, a prototype of automatic liquid volume meter based on microcontroller using PING ultrasonic sensor. By design this is more accurate than manual. This device has ability to measure the different liquid tank as long as it is a cylinder tank type. The measuring step is , first, measuring the liquid level and then calculating the liquid volume based on cylinder volume formula. Finally the result (the liquid volume) can be read in the small 2-rows monitor or LCD (Liquid Crystal Display).

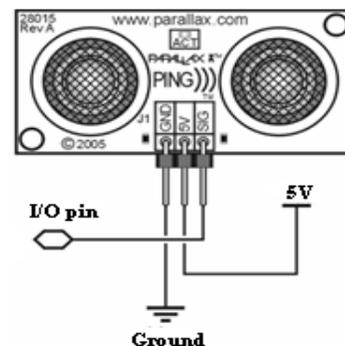
Keywords: liquid volume meter, ultrasonic sensor PING, level sensor, microcontroller

Alat yang dapat mengukur volume cairan dalam suatu penampung secara akurat tidak berubah-ubah. Alat ukur yang akan dibuat ini merupakan alat ukur volume cairan yang serbaguna dalam arti dapat digunakan untuk beberapa penampung cairan yang berbeda-beda sepanjang bentuk tandon adalah silinder, sehingga meningkatkan efektivitas suatu industri.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan merancang alat pengukur volume cairan otomatis berbasis mikrokontroler dengan LCD sebagai penampil data volume cairan.

SENSOR ULTRASONIK *PING*

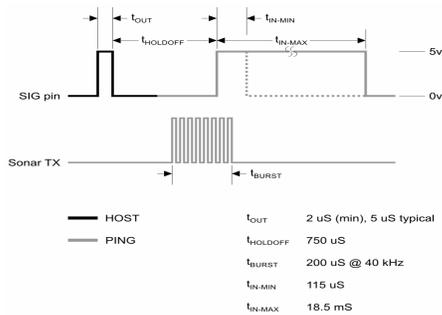
Sensor ultrasonik digunakan untuk mengetahui jarak suatu objek dengan sensor. Cara kerja sensor ini dalam mendeteksi objek adalah dengan mengirimkan gelombang ultrasonik pendek dan kemudian menunggu pantulan dari gelombang yang dipancarkan tadi kembali ke sensor.



Gambar 1. Sensor ultrasonik (PING)

Di dalam kendali mikrokontroler (untuk mengeluarkan pulsa pemicu), sensor mengirimkan gelombang ultrasonik pendek dengan frekuensi 40 kHz. Gelombang ini akan melalui udara kira-kira 1130 kaki / detik, membentur suatu objek dan kemudian kembali ke sensor. Sensor ini menyediakan pulsa keluaran pada mikrokontroler yang akan diteruskan ketika

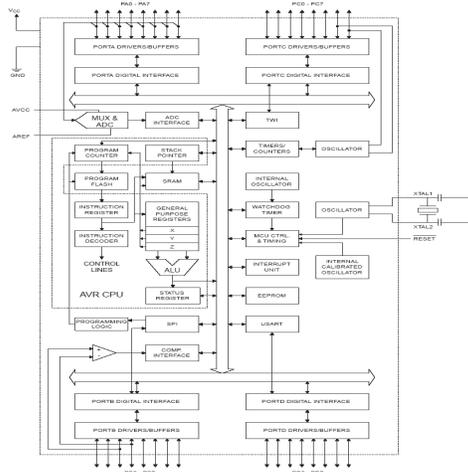
gelombang pantulan terdeteksi oleh sensor. Cara kerja sensor ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram sinyal kerja sensor ultrasonik

MIKROKONTROLER ATMEGA 8535

AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, bisa dikatakan hampir sama Arsitektur perangkat keras ATmega 8535 ditunjukkan pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 3. Arsitektur ATmega 8535

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa ATmega 8535 memiliki bagian sebagai berikut:

- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembandingan.
- CPU yang terdiri atas 32 buah register.

- *Watchdog Timer* dengan osilator internal.
- SRAM sebesar 512 byte.
- Memori *flash* sebesar 8kb dengan kemampuan *Read While Write*.
- Unit interupsi internal dan eksternal.
- Port antarmuka SPI.
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
- Antarmuka komparator analog.
- Port USART untuk komunikasi serial.
- Empat kanal PWM.
- Tegangan operasi sekitar 4.5-5.5V.

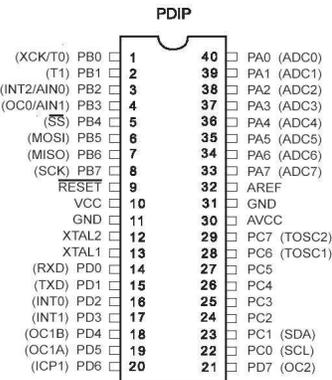
Fitur-fitur ATmega 8535

Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega 8535 antara lain:

- 1) Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
- 2) Kemampuan memori *flash* 8KB, SRAM sebesar 512 byte, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte.
- 3) ADC (*Analog to Digital Converter*) internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 saluran.
- 4) Port komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
- 5) Enam pilihan mode *sleep* menghemat penggunaan daya listrik.

Susunan Kaki Mikrokontroler ATmega 8535

Susunan kaki ATmega 8535 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Susunan kaki ATmega 8535

Penjelasan tiap kaki sebagai berikut.

- 1) VCC (kaki 10) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- 2) GND (kaki 31) merupakan pin *ground*.
- 3) Port A (PA7-PA0) (kaki 33-40) merupakan port 8 bit I/O dua arah (*bidirectional*). Port ini dapat berfungsi sebagai ADC (*Analog to Digital Converter*).

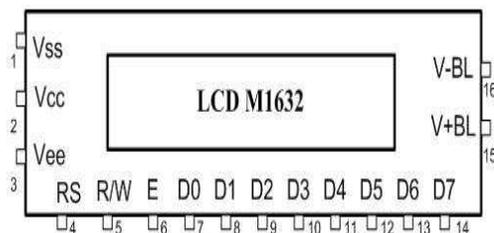
- 4) Port B (PB7-PB0) (kaki 1-8) merupakan port 8 bit I/O dua arah (*bidirectional*). Port B mempunyai fungsi khusus untuk berbagai keperluan (*multipurpose*), yaitu *Timer/Counter*, komparator analog, dan SPI.
 - 5) Port C (PC7-PC0) (kaki 22-29) merupakan port 8 bit I/O dua arah (*bidirectional*). Port C mempunyai fungsi khusus, yaitu TWI (*Two-Wire Serial Interface*), komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
 - 6) Port D (PD0-PD7) (kaki 14-21) merupakan port 8 bit I/O dua arah (*bidirectional*). Port D mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
 - 7) *Reset* (kaki 9) merupakan pin yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
 - 8) XTAL1 (kaki 13) XTAL2 (kaki 12) merupakan pin masukan *clock* eksternal.
 - 9) AVCC merupakan pin sumber tegangan untuk ADC dan harus terhubung dengan Vcc walaupun ADC tidak digunakan.
 - 10) AREF merupakan tegangan referensi untuk ADC.
- Pin 1 (GND): pin ini berhubungan dengan tegangan +5 volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya dari HD44780 (khusus untuk modul M1632 keluaran Hitachi, pin ini adalah VCC).
 - Pin 2 (VCC): pin ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*ground*) dari modul LCD (khusus untuk modul M1632 keluaran Hitachi, pin ini adalah GND).
 - Pin 3 (VEE/VLCD): Tegangan pengatur kontras LCD, kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi pin ini pada tegangan 0 volt.
 - Pin 4 (RS): *Register Select*, pin pemilih *register* yang akan diakses. Untuk akses ke *register* data, logika dari pin ini adalah 1 dan untuk akses ke *register* perintah, logika dari pin ini adalah 0.
 - Pin 5 (R/W): logika 1 pada pin ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak membutuhkan pembacaan pada modul LCD, pin ini dapat langsung dihubungkan ke *ground*.
 - Pin 6 (E): *Enable Clock* LCD, pin mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada pin ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
 - Pin 7-14 (D0-D7): *Data Bus*, kedelapan pin modul LCD ini adalah bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
 - Pin 15 (Anoda): berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* modul LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk M1632 yang memiliki *backlight*).
 - Pin 16 (Katoda): tegangan negatif *backlight* modul LCD sebesar 0 volt (hanya terdapat untuk M1632 yang memiliki *backlight*).

LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD M1632 adalah sebuah modul LCD *doTMAtrik* dengan konfigurasi 2 baril dengan 16 karakter setiap barisnya. Diberntuk oleh 8 x5 pixel dengan 1 baris pixel terakhir adalah kursor.

HD44780 adalah mikrokontroler yang dirancang khusus untuk mengendalikan LCD dan mempunyai kemampuan untuk mengatur proses *scanning* pada layar LCD. *Driver* tersebut bertugas mengirimkan data karakter LCD, dan bertugas mengendalikan LCD sesuai dengan perintah yang diberikan melalui pin I/O LCD.

CodeVision AVR menyediakan pustaka yang berisi fungsi-fungsi siap pakai yang dapat langsung digunakan untuk mengakses LCD. Penyesuaian yang dilakukan adalah pada konfigurasi *port* LCD yang harus disamakan dengan konfigurasi pin pada *CodeVision* AVR.



Gambar 5. Konfigurasi Pin LCD M1632.

Pemrograman Dengan Bahasa C

Mikrokontroler AVR dirancang sesuai sifat-sifat pengkodean bahasa C, sehingga bahasa inilah yang kemudian cenderung digunakan daripada bahasa lainnya seperti bahasa *basic* ataupun *pascal*. Bahasa C yang digunakan pada AVR ini adalah ANSI (*American National Standard Institute*) C. Alasan utama pemilihan bahasa C ini karena bahasa C merupakan gabungan dari bahasa tingkat tinggi dan juga bahasa tingkat rendah, yang menyediakan kemampuan operasi-operasi *bit*, *byte*, alamat-

alamat memori, dan *register*. Bahasa C yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler ini disebut sebagai *embedded C*, yang selanjutnya oleh compiler listing program C ini diubah menjadi bahasa tingkat rendah mikrokontroler yang bersangkutan yang kemudian diterjemahkan menjadi kode-kode bahasa mesin yang selanjutnya diprogramkan ke dalam *chip* mikrokontroler.

Bahasa C yang digunakan hampir semuanya sesuai dengan standard dari ANSI dengan penambahan beberapa fungsi untuk disesuaikan dengan arsitektur AVR dan sistem pada mikrokontroler. Program compiler C yang digunakan pada Penelitian ini adalah CodeVisionAVR versi 1.25.9 yang dapat diperoleh secara gratis di situs www.hpinfotech.ro.

Tabel 1. Tipe Data

Tipe	Ukuran (bit)	Jangkauan nilai
<i>Bit</i>	1	0 dan 1
<i>Char</i>	8	-128 sampai 127
<i>Unsigned char</i>	8	0 sampai 255
<i>Signed char</i>	8	-128 sampai 127
<i>Int</i>	16	-32768 sampai 32767
<i>Short int</i>	16	-32768 sampai 32767
<i>Unsigned int</i>	16	0 sampai 65535
Tipe	Ukuran (bit)	Jangkauan nilai
<i>Signed int</i>	16	-32768 sampai 32767
<i>Long int</i>	32	-2147483648 sampai 2147483647
<i>Unsigned long int</i>	32	0 sampai 4294967295
<i>Signed long int</i>	32	-2147483648 sampai 2147483647
<i>Float</i>	32	±1.175e-38 sampai ±3.402e38
<i>Double</i>	32	±1.175e-38 sampai ±3.402e38

PERANCANGAN SISTEM

Gambaran Umum Pengukur Volume Otomatis

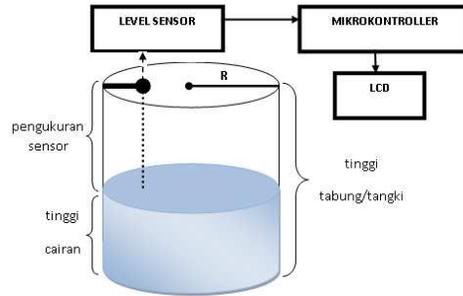
Perangkat pengukur volume cairan otomatis ini memiliki spesifikasi dan kemampuan yang cukup handal dalam menangani berbagai kemungkinan yang terjadi di lapangan. Berikut adalah perancangan mengenai spesifikasi dan kemampuan dari alat ini.

- 1) Menghitung volume cairan secara otomatis
- 2) Penampil volume cairan menggunakan LCD.
- 3) *Update* data volume pada tampilan LCD tiap tiga detik sekali.

Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Komponen-komponen yang digunakan dalam system pengukur volume cairan otomatis adalah:

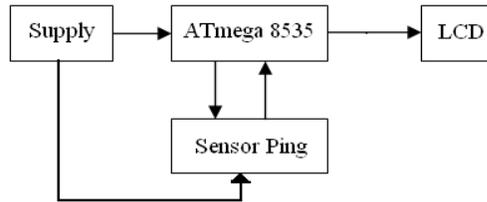
- 1) Sensor PING Ultrasonik *Range Finder timing diagram*: berfungsi sebagai sensor level cairan
- 2) Mikrokontroler AVR AT-Mega8535: berfungsi mengatur kinerja sistem dalam manajemen data sebagai unit masukan untuk keperluan *setting* secara manual di tempat.
- 3) Modul LCD M1632 berfungsi menampilkan nilai volume cairan.



Gambar 6. Blok diagram sistem keseluruhan.

Perancangan Perangkat Keras

Berikut ini adalah diagram blok dari perangkat keras sistem.



Gambar 7. Diagram blok sistem.

Tiap-tiap bagian dapat dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Sensor Jarak PING)))TM merupakan sensor yang akan mendeteksi adanya benda di depan sensor, keluaran sensor ini berupa tegangan digital yang langsung diolah oleh sistem mikrokontroler ATmega8535.
- 2) LCD (*Liquid Crystal Display*) dan *driver* LCD berfungsi sebagai media tampilan selama proses pengendalian berlangsung.
- 3) Catu daya berfungsi sebagai suplai sistem keseluruhan.

- 4) Mikrokontroler ATmega8535 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian pada sistem pengukur volume otomatis ini yang dapat diprogram dengan menggunakan bahasa C.

Sensor Ultrasonik (PING)

Sensor ini memiliki 3 kaki (Pin) yang berfungsi sebagai berikut Pin Ground, Pin Supply 5V, Pin Input dan Output, seperti Gambar 1.

Dalam perancangan alat ini, pin input output sensor ultrasonik dihubungkan dengan port B.0 pada AVR sedangkan pin supply 5V dan Ground dihubungkan dengan catu daya.

Sensor ini berfungsi untuk mengubah besaran fisis yang berupa jarak menjadi besaran listrik tegangan. Sensor ini bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik yang memiliki frekuensi dibawah pendengaran manusia kemudian akan menyediakan pulsa keluaran yang berhubungan langsung dengan waktu yang dibutuhkan bagi pantulan gelombang ultrasonik untuk mencapai sensor. Dengan mengukur waktu dari gelombang pantulan yang sampai ke sensor ini maka tinggi tabung yang tidak terisi cairan dapat dihitung dengan mudah.

Untuk menghitung tinggi tabung yang tidak terisi cairan dapat diukur oleh sensor dapat dihitung sebagai berikut.

Untuk tiap 1 cm waktu yang dibutuhkan untuk gelombang pantulan adalah

$$S = (V.t)/2$$

$$10^{-2} m = \frac{344 m / s * t}{2}$$

$$t = \frac{2 * 10^{-2} m}{344 m / s}$$

$$t = 58,14 \cdot 10^{-6} s$$

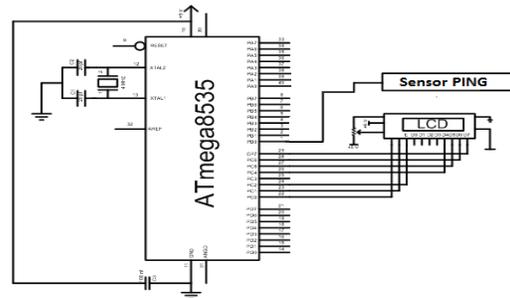
$$= 58,14 \mu s$$

Sehingga untuk menentukan tinggi cairan dari sensor dapat dihitung dengan membandingkan waktu pantulan t_p dengan waktu per cm (t) lalu dikalikan dengan 1 cm.

Sistem Minimum AVR ATmega 8535

Pada Sistem pengukur volume cairan ini, sistem minimum mikrokontroler memegang peranan penting, yakni sebagai rangkaian sentral yang mengatur kinerja sistem, bagian ini dirancang untuk mampu mengakomodasi dan menangani setiap kejadian yang mungkin terjadi. Baik dalam pengelolaan/ manajemen data, maupun penanganan terhadap kegagalan proses.

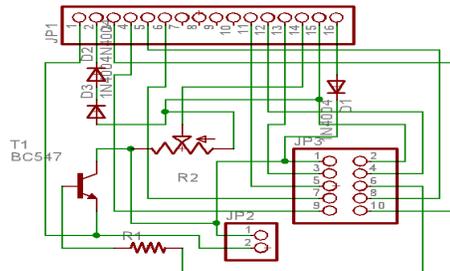
Sistem mikrokontroler ATmega8535 dibentuk dari beberapa piranti masukan-keluaran. Hubungan mikrokontroler ATmega8535 dengan piranti masukan-keluaran seperti sensor PING pada port PB.0, dan LCD pada port C ditunjukkan seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Skematik minimum AT-Mega 8535

LCD

Modul LCD dihubungkan dengan PORTC pada mikrokontroler ATmega8535. Modul LCD ini memerlukan suatu driver yang skematisnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 9. Hubungan LCD ke Mikrokontroler

Perancangan Perangkat Lunak

Mikrokontroler tidak akan dapat bekerja tanpa adanya *software*/perangkat lunak di dalamnya. *Software* ini sering disebut sebagai *firmware*. Yaitu suatu urutan perintah/ instruksi yang harus dikerjakan oleh CPU, baik itu perhitungan aritmatika, manajemen memory, maupun akses *input/output*.

Mikrokontroler keluarga AVR, dirancang untuk mengakomodasi bahasa tingkat menengah yaitu bahasa C. Sehingga, pemrogram akan sangat dimudahkan dalam pembuatan maupun pengembangan *firmware* yang hendak ditanamkan pada sistem.

Selain hal di atas, *CodeVision AVR* telah menyediakan pustaka fungsi dan prosedur siap pakai, yang terdokumentasi dalam *library* yang tersedia. Sehingga, akses terhadap suatu periferal spesifik (contoh: LCD) sangat mudah dilakukan.

Cukup menggunakan fungsi-fungsi yang telah tersedia.

Pembacaan Sensor Level Cairan

Cara kerja dari alat ini adalah mikrokontroler ATmega 8535 di aktifkan dengan memberikan tegangan yang dihasilkan oleh power supply. Kemudian ATmega 8535 yang telah diisi program akan mengaktifkan sensor ultrasonik ping. Tinggi permukaan cairan diukur dengan memanfaatkan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik dan dipantulkan oleh permukaan cairan kemudian diterima oleh penerima dalam sensor. Waktu yang diperlukan gelombang tersebut untuk dipancarkan dan diterima kembali, data tersebut bukan ketinggian cairan melainkan suatu jarak hasil pengukuran sensor (Tsensor), yang kemudian dikonversi ke dalam besaran jarak (cm) oleh mikrokontroler dan diolah untuk memperoleh tinggi cairan yaitu dengan rumus $T_{cairan} = T_{tabung} - T_{sensor}$, setelah mendapatkan T_{cairan} maka volume cairan dapat dihitung dengan rumus $V = \pi R^2 \times T_{cairan}$. Hasil perhitungan tadi kemudian ditampilkan dalam LCD.

Listing program dalam bahasa C untuk pembacaan volume cairan adalah sebagai berikut:

```
while (1)
{
    // Place your code here
    ping();
    Tair=20-Tkosong;
    Volum=Tair*154;

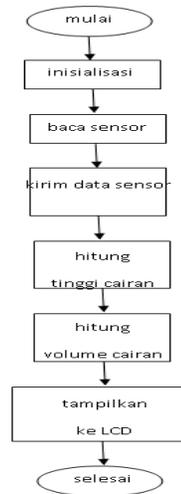
    lcd_gotoxy(0,0);
    ftoa (Tkosong,3,buf);
    sprintf(buf, "Volum = %i ml",Volum);
    lcd_puts(buf);
    delay_ms(3000);
    lcd_clear();
}
};

void ping()
{
    Tkosong=0;
    DDRB=0xFF;
    PORTB=0x00;
    delay_us(100);
    PORTB=0xFF;
    delay_us(3); // logika HIGH lalu LOW
    selama 3 u Sekon --> aktifkan PING
    PORTB=0x00; // t Hold Off Ping sedang
    delay_us(750);
    memberikan sinyal BURST 750 u Sekon
    DDRB=0x00; // t Hold Off Ping sedang
    delay_us(3);
    memberikan sinyal BURST 750 u Sekon
    for (i=0;i<=300;i++)
    {
        if(PINB.0==1)
        {
            Tkosong++;
        }
    }
}
```

```
        delay_us(58);
    }
}
```

Algoritma Sistem Keseluruhan

Gambar 10 adalah diagram alir program utama



Gambar 10. Flowchart sistem keseluruhan

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian Sensor Ultrasonik PING

Pengujian sensor ultrasonik PING dilakukan dengan menempatkan sensor PING dan mistar (penggaris) sebagai alat ukur jarak/tinggi. Dengan membandingkan antara penunjukan LCD terhadap pengukuran mistar terhadap suatu objek yang diletakkan didepan sensor kita dapat mengetahui error dari sensor.

Senarai singkat dalam pengujian jarak pada sensor PING ditulis dalam bahasa C menggunakan Codevision AVR adalah sebagai berikut :

```
while (1)
{
    // Place your code here
    ping();
    lcd_gotoxy(0,0);
    ftoa (Jarak,3,buf);
    sprintf(buf, " Jarak = %i cm", Jarak);
    lcd_puts(buf);
    delay_ms(1000);
    lcd_clear();
}
};

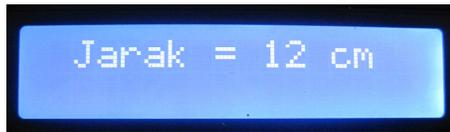
void ping()
{
    Jarak=0;
    DDRB=0xFF;
    PORTB=0x00;
    delay_us(100);
    PORTB=0xFF;
    delay_us(3); // logika HIGH lalu LOW
    selama 3 u Sekon --> aktifkan PING
    PORTB=0x00;
```

```

delay_us(750); // t Hold Off Ping sedang
memberikan sinyal BURST 750 us
  DDRB=0x00;
  delay_us(3); // t Hold Off Ping sedang
memberikan sinyal BURST 750 us
  for (i=0;i<=300;i++)
  {
    if(PINB.0==1)
    {
      Jarak ++;
    }
    delay_us(58);
  }
}

```

Hasil eksekusi dari program di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 11. Pengujian Sensor PING

Pada jarak 0–3 cm penunjukkan LCD akan sama yaitu 3cm sedangkan untuk jarak 301 cm - ∞ LCD akan menunjukkan jarak 300 cm, hal ini dikarenakan batas minimum pembacaan sensor 3 cm dan batas maksimum 300 cm.

Pengujian LCD

Pengujian pada LCD dilakukan dengan menuliskan listing program berikut pada fungsi main(). *Source code* ditulis dalam bahasa C menggunakan *software* Codevision AVR :

```

lcd_init(16); // inisialisasi LCD
lcd_gotoxy(0,0); // tampilkan pada baris 0 kolom 0
lcd_putsf("Coba LCD");
lcd_gotoxy(0,1); // tampilkan pada baris 1 kolom 0
lcd_putsf("Teknik Elektro");

```

Hasil eksekusi dari program di atas adalah sebagai berikut :



Gambar 12. Pengujian LCD

Pengujian Sistem Keseluruhan

Setelah semua komponen dipastikan dalam kondisi baik maka dilakukan pengujian dari system keseluruhan. Pertama sistem akan melakukan inisialisasi kemudian membaca sensor PING lewat perubahan yang terjadi pada tinggi air. Jika terjadi perubahan maka sistem akan melakukan pemrosesan data terhadap perubahan tersebut. Setelah itu system akan menampilkan

hasil pemrosesan data, yakni volume cairan tersebut pada LCD.

Senarai singkat dalam pengujian sistem keseluruhan ditulis dalam bahasa C dengan menggunakan software Codevision AVR adalah sebagai berikut.

```

while (1)
{
  // Place your code here
  ping();
  Tair=20-Tkosong;
  Volum=Tair*154;

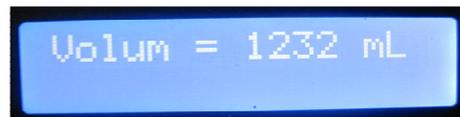
  lcd_gotoxy(0,0);
  ftoa (Tkosong,3,buf);
  sprintf(buf, "Volum = %i ml",Volum);
  lcd_puts(buf);
  delay_ms(3000);
  lcd_clear();
}

};

void ping()
{
  Tkosong=0;
  DDRB=0xFF;
  PORTB=0x00;
  delay_us(100);
  PORTB=0xFF; // logika HIGH lalu LOW selama 3 u
  Sekon --> aktifkan PING
  PORTB=0x00;
  delay_us(750); // t Hold Off Ping sedang memberikan
  sinyal BURST 750 us DDRB=0x00;
  delay_us(3); // t Hold Off Ping sedang memberikan
  sinyal BURST 750 us
  for (i=0;i<=300;i++)
  {
    if(PINB.0==1)
    {
      Tkosong++;
    }
    delay_us(58);
  }
}

```

Hasil eksekusi dari program di atas adalah:



Gambar 13. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian ini, menggunakan beberapa bangun ruang dengan ukuran yang berbeda, dilakukan dengan cara mengisi bangun ruang dengan air kemudian sensor akan mendeteksi pantulan gelombang ultrasonik dari air. Lalu hasil pembacaan ditampilkan pada LCD. Pembacaan tersebut kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual.

Pengujian Sistem Menggunakan Silinder Ukuran 7cm x 20 cm

Tabel 2. Hasil pengujian volume cairan 1

Tinggi cairan (cm)	Perhitungan (ml)	Tampilan LCD (ml)	Error (ml)
1	154	154	0
5	770	678	12
8	1232	1232	0
15	2310	2302	8
18	2772	2772	0
Σ Error			20

Dari hasil percobaan di atas menunjukkan bahwa sistem memiliki *error* rata-rata sebesar 20 ml, nilai ini didapat dengan menjumlahkan semua nilai *error* dari setiap pengujian dibagi jumlah pengujian (5 kali).

Secara rumus adalah sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\Sigma error}{jml. pengujian}$$

$$\bar{x} = \frac{20 ml}{5}$$

$$\bar{x} = 4ml$$

Pengujian Sistem menggunakan Silinder Ukuran 5cm x 50 cm

Tabel 3. Hasil pengujian volume cairan 2

Tinggi cairan (cm)	Perhitungan (ml)	Tampilan LCD (ml)	Error (ml)
5	392.5	398	5.5
10	785	785	0
15	1177.5	1175.25	2.25
20	1570	1568	2
25	1962.5	1956	6.5
Σ Error			16.25

Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem memiliki *error* rata-rata sebesar 16.25 ml, nilai ini didapat dengan menjumlahkan semua nilai *error* dari setiap pengujian dibagi jumlah pengujian (5 kali).

Secara rumus adalah sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\Sigma error}{jml. pengujian}$$

$$\bar{x} = \frac{16,25 ml}{5} \quad \bar{x} = 3,25 ml$$

Pengujian Sistem Menggunakan Kotak Ukuran 55cmx55cmx65cm

Tabel 4. Hasil pengujian volume cairan 3

Tinggi cairan (cm)	Perhitungan (ml)	Tampilan LCD (ml)	Error (ml)
10	30250	30235	15
15	45375	45353	22
20	60500	60478	22
25	75625	75620	5
30	90750	90756	6
Σ Error			70

Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem memiliki *error* rata-rata sebesar 70 ml, nilai ini didapat dengan menjumlahkan semua nilai *error* dari setiap pengujian dibagi jumlah pengujian (5 kali).

Secara rumus adalah sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{\Sigma error}{jml. pengujian}$$

$$\bar{x} = \frac{70 ml}{5}$$

$$\bar{x} = 14 ml$$

PENUTUP

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan antara lain, sensor level cairan ini mampu mengukur tinggi cairan dari 0-300 cm.

Hasil pengujian alat menggunakan silinder berukuran 7cm x 20cm menunjukkan *error* rata-rata volume cairan pada sistem adalah 4 ml, sedangkan bila menggunakan silinder berukuran 5cm x 50cm menunjukkan *error* rata-rata volume cairan pada sistem adalah 3,25 ml.

Hasil pengujian alat dengan menggunakan kotak berukuran 55cm x 55cm x 65cm menunjukkan *error* rata-rata volum cairan pada sistem 14 ml.

Untuk mengembangkan alat ini dapat dilakukan dengan meningkatkan fitur-fitur antara lain penggunaan keypad sebagai tools masukan data ruas bangun ruang, penggunaan sensor ultrasonik PING sebaiknya ditempatkan pada tempat yang cukup kuat sehingga tidak bergeser ketika sistem dijalankan, pengukuran dikembangkan untuk bangun ruang yang lain dengan ukuran yang berbeda-beda.

DAFTAR RUJUKAN

- Martina Nainggolan. "Aplikasi Teknik Kendali *Fuzzy* pada Pengendalian Level Cairan", Skripsi S1, Universitas Diponegoro. 2007
- Wisnu Isworo Hadi. "Pengaturan *Valve* dengan Jaringan Syaraf Tiruan B-Spline untuk mengatur ketinggian Air pada Bak Penampung Air secara *On-line*", Skripsi S1, Universitas Diponegoro. 2006.
- Wisnu Wibowo. "Aplikasi Teknik Kendali *Gain Scheduling* pada Sistem Kontrol *Valve* untuk Pengendalian Tinggi Muka Cairan pada Limas Terpancung", Skripsi S1, Universitas Diponegoro, 2009.
- Mahadmadi, Fajar. "*Embedded C* pada Mikrokontroler AVR AT90S8515", Skripsi S1, Universitas Diponegoro. 2003.
- Ogata, Katsuhiko. "Teknik Kontrol Otomatik jilid 1". 1994. Erlangga: Jakarta.
- Ogata, Katsuhiko. "Teknik Kontrol Otomatik jilid 2". 1997. Erlangga: Jakarta.
-, "LCD Module M1632 : User Manual Guide", Seiko Instrument Inc., Japan, 1987.
-, AT-Mega128, <http://www.atmel.com/avr>