

MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR

PENGUKUR VOLUME ZAT CAIR MENGGUNAKAN GELOMBANG ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

Teguh Wiguna¹, Achmad Hidayatno, ST, MT², Trias Andromeda, ST, MT²
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

Abstrak - Gelombang ultrasonik adalah gelombang yang frekuensinya lebih dari 20 KHz. Gelombang ultrasonik ini dapat dimanfaatkan sebagai pengukur jarak ketinggian air dan selanjutnya digunakan dalam perhitungan volume cairan dalam sebuah wadah penampung dengan berbagai bentuk.

Kecepatan perambatan gelombang suara di udara adalah 344 m/detik. Ketika *transmitter* memancarkan sinyal ultrasonik dan *receiver* menerima pantulannya, maka waktu untuk memancar hingga diterima pantulannya dapat diukur. Karena waktu tempuh tersebut merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memancarkan hingga menerima pantulan, maka jarak antara sensor dengan objek adalah setengah waktu tempuhnya dikalikan dengan kecepatan rambat gelombang suara di udara.

Dalam Tugas Akhir ini, dibuat sebuah perangkat keras yaitu untuk mengukur volume zat cair menggunakan gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler AT89S51. Sensor yang digunakan adalah sensor PING *Ultrasonic Range Finder* dengan jangkauan jarak 3 cm hingga 3 m. Mikrokontroler menggunakan kristal 12 MHz, sehingga untuk menempuh 1 cm dibutuhkan waktu 58 mikro detik. Wadah penampung yang diukur berbentuk limas terpancung dengan sisi atas yang lebih besar dari sisi bawahnya. Dari pengujian dapat diketahui bahwa tingkat presisi sensor PING dalam pengukuran tinggi cairan mempunyai harga terkecil 0,2 cm dan terbesar 0 cm. Grafik penurunan ketinggian dan volume cairan sudah linier walaupun bentuk wadah penampung lebih besar sisi atasnya daripada sisi bawahnya.

Kata Kunci : Sensor PING, wadah penampung, Mikrokontroler AT89S51, volume cairan.

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Gelombang longitudinal di udara menimbulkan peristiwa bunyi. Telinga manusia peka terhadap frekuensi bunyi dari sekitar 20 sampai 20000 Hz. Gelombang suara yang frekuensinya di atas itu tidak dapat didengar oleh telinga manusia, dan dinamakan gelombang ultrasonik. Kelelawar memanfaatkan gelombang ultrasonik yang dikeluarkan olehnya untuk menghindari tabrakan dari objek disekitarnya dengan cara mengeluarkan gelombang ultrasonik dan

mendapatkan pantulannya sehingga dari gelombang tadi kelelawar dapat mengira-ngira jarak objek di depannya. Dengan prinsip yang sama gelombang ultrasonik ini dapat juga digunakan untuk mengukur ketinggian cairan dan selanjutnya digunakan dalam perhitungan volume cairan itu sendiri.

Pada dasarnya, kecepatan gelombang suara di udara diketahui. Bila sebuah pemancar gelombang ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik hingga gelombang tersebut mengenai sebuah objek, maka objek tersebut akan memantulkan gelombang ultrasonik ini hingga penerima mendeteksi gelombang ultrasonik yang datang. Waktu antara pemancaran gelombang oleh pengirim dan penangkapan gelombang oleh penerima dapat diukur. Jarak objek dapat diketahui dengan menghitung kecepatan gelombang suara dikali waktu tempuh dibagi dua, karena waktu yang terukur tadi adalah waktu untuk gelombang ultrasonik memancar dan memantul. Dengan sedikit modifikasi, prinsip pengukuran jarak di atas dapat dikembangkan untuk mengukur volume cairan yang berada dalam sebuah wadah.

Dalam Tugas Akhir ini dibuat suatu alat untuk mengukur volume zat cair dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik. Sensor yang diaplikasikan untuk mengukur jarak ini adalah sensor PING *ultrasonic range finder* yang terdiri dari bagian pengirim dan penerima. Sebagai antar muka digunakan mikrokontroler AT89S51 dan kemudian dihubungkan melalui komputer dengan komunikasi serial.

1.2 TUJUAN

Tugas Akhir ini bertujuan untuk membuat suatu alat pengukur volume menggunakan gelombang ultrasonik berbasis mikrokontroler yang diharapkan mampu mengukur volume zat cair yang berada dalam suatu wadah dan menggambarkan kelinearitasan penurunan zat cair tersebut.

1.3 PEMBATAHAN MASALAH

Ruang lingkup permasalahan dalam Tugas Akhir ini dibatasi sebagai berikut :

1. Pembuatan pengukur volume zat cair ini menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler AT89S51 yang hasil pengukurannya akan ditampilkan pada komputer.

¹) Mahasiswa Teknik Elektro Undip

²) Dosen Teknik Elektro Undip

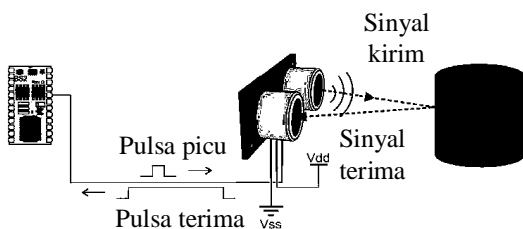
2. Wadah zat cair telah ditentukan sebelumnya agar dapat dilakukan perhitungan volumenya.
3. Wadah utama yang akan diukur berbentuk limas terpancung dengan sisi atas yang lebih besar daripada sisi bawahnya, sedangkan pengukuran volume pada bentuk wadah yang lain hanya sebatas simulasi dengan acuan tinggi cairan berdasarkan pengukuran oleh sensor PING dan rumus volume wadah yang bersangkutan.
4. Mikrokontroler AT89S51 digunakan untuk mengatur sensor PING *Ultrasonic range finder* dalam pemancaran sinyal, menghitung jarak yang terukur oleh sensor PING menggunakan *timer* dan sebagai pengaturan antar muka serial dengan komputer.
5. Pengujian alat hanya untuk mengukur volume zat cair yang ada pada wadah penampung saat itu, pembukaan keran untuk mengurangi volume air dan penambahan volume air ketika wadah telah kosong dilakukan secara manual.
6. Bahasa pemrograman pada mikrokontroler AT89S51 menggunakan bahasa *assembler*.
7. Program visual tampilan akhir pengukuran volume air beserta grafiknya menggunakan DELPHI 6.

II. DASAR TEORI

2.1 SENSOR ULTRASONIK

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Gelombang ultrasonik sering digunakan untuk pemeriksaan produksi didalam industri, selain itu di bidang kedokteran digunakan untuk diagnosis, penghancuran dan pengobatan. Gelombang bunyi memiliki kecepatan rambat di udara sebesar 344 m/detik. Pada saat merambat pada medium gas, apabila gelombang bunyi membentur suatu benda padat maka sebagian energi akan dipantulkan. Berdasarkan sifat ini gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur jarak.

Sensor memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu, kemudian apabila membentur suatu benda, gelombang akan dipantulkan kembali dan diterima oleh sensor. Prinsip kerja dari sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 1.



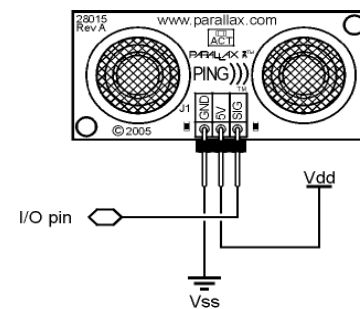
Gambar 1 Prinsip kerja sensor ultrasonik pengukur jarak.

Waktu yang diperlukan gelombang ultrasonik mulai dari dipancarkan sampai diterima kembali menentukan besarnya jarak antara sensor dengan benda. Secara matematis besarnya jarak dapat dihitung sebagai berikut:

$$S = \frac{V \times t}{2} \quad (1)$$

dengan : S = jarak yang terukur (meter)
 V = kecepatan suara (344 m/detik)
 t = waktu tempuh (detik)

Sensor yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebuah sensor ultrasonik buatan PARALLAX (*Sensor PING Ultrasonic Range Finder*). Rangkaian lengkap sensor yang digunakan pada Tugas Akhir ini ditunjukkan pada Gambar 2. Sensor PING ini digunakan untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air, sehingga ketinggian air dapat dihitung dengan mengurangi ketinggian sensor terhadap dasar air dengan jarak hasil pengukuran. Sensor ketinggian memiliki 3 buah terminal, yaitu terminal tegangan catu 5 volt, terminal pentanahan, dan terminal sinyal yang dapat berfungsi sebagai masukan dan keluaran. Sensor ketinggian ini hanya memerlukan 1 buah pin pada mikrokontroler AT89S51 untuk dapat mengatur proses mengukur ketinggian air.



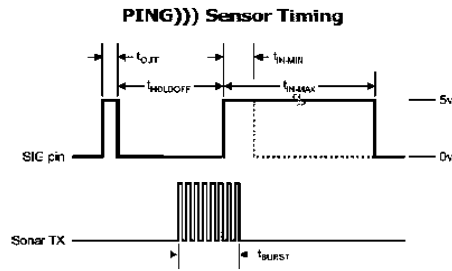
Gambar 2 PING Ultrasonic Range Finder.

Sensor PING ini secara khusus didesain untuk dapat mengukur jarak sebuah benda padat (*solid*). Oleh karena itu pada wadah penampung yang akan diukur volumenya, dipasang pelampung yang akan terdeteksi oleh sensor PING. *Range* jarak yang mampu diukur oleh sensor PING adalah 3 cm sampai dengan 300 cm.

Sensor PING mendeteksi jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40kHz) selama waktu pemancaran ($t_{BURST} = 200\mu s$) kemudian mendeteksi pantulannya. Sensor PING memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan pulsa *trigger* dari mikrokontroler AT89S51 sebagai pengendali. Gambar 3 menunjukkan *timing diagram* dari Sensor PING.

¹) Mahasiswa Teknik Elektro Undip

²) Dosen Teknik Elektro Undip



Gambar 3 Timing diagram sensor PING Ultrasonik Range Finder.

2.2 MIKROKONTROLER AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 digunakan untuk mengatur sensor PING Ultrasonik range finder dalam pemancaran sinyal, menghitung jarak yang terukur oleh sensor PING menggunakan timer dan sebagai pengaturan antar muka serial dengan komputer.

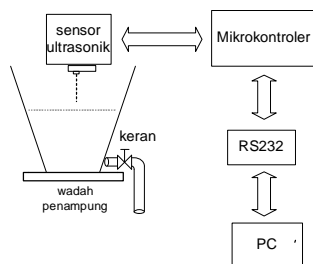
AT89S51 dilengkapi dengan dua perangkat Timer/Counter, masing-masing dinamakan sebagai Timer 0 dan Timer 1. Perangkat Timer/Counter tersebut merupakan perangkat keras yang menjadi satu dalam chip mikrokontroler MCS51.

Port Serial AT89S51 bersifat *duplex* penuh, artinya port serial bisa menerima dan mengirimkan data secara bersamaan. Port serial AT89S51 mempunyai 4 buah mode operasi yang diatur oleh bit ke 7 dan bit ke 6 dari Register SCON (Serial Control Register) dengan alamat register 98H.

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

Blok rancangan perangkat keras pengukur volume zat cair pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan wadah penampung cairan, sensor ultrasonik, mikrokontroler dan RS232 sebagai komunikasi serial antara mikrokontroler dan komputer.



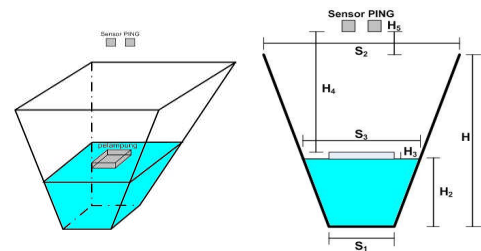
Gambar 4 Rancangan hardware pengukur volume zat cair.

3.1.1 WADAH PENAMPUNG

A. Limas Segi Empat Terpancung

Perancangan wadah penampung pada Tugas Akhir ini terdiri dari 3 bentuk, yang pertama adalah bentuk limas terpancung yang merupakan wadah

penampung zat cair yang utama. Kedua lainnya berbentuk silinder tidur dan balok yang pengukuran volumenya hanya sebatas simulasi. Wadah penampung yang dibuat terlihat seperti pada gambar 5 di bawah.



Gambar 5 Wadah penampung zat cair utama.

Keterangan dari Gambar 5 adalah sebagai berikut :

- H₅ = Jarak sensor PING ke tepi atas objek (cm)
- H₃ = Tebal pemantul (gabus) (cm)
- H₂ = Tinggi cairan (cm)
- H₄ = Jarak terukur (cm)
- S₁ = Lebar sisi bawah objek (cm)
- S₂ = Lebar sisi atas objek (cm)
- S₃ = Lebar cairan pada saat terukur (cm)
- H = Tinggi objek (cm)

Langkah pertama yang dilakukan untuk pengukuran adalah mencari tinggi cairan (H₂). Setelah perangkat keras dijalankan, maka sensor PING akan bekerja hingga akhirnya akan didapat data jarak terukur (H₄). Maka tinggi cairan adalah :

$$H_2 = H + H_5 - H_4 - H_3 \quad (2)$$

Kemudian untuk mengetahui lebar sisi atas cairan pada saat terukur dibutuhkan data tinggi total objek limas (H_t) yang didapat dari :

$$H_t = \frac{S_2 \times H}{S_2 - S_1} \quad (3)$$

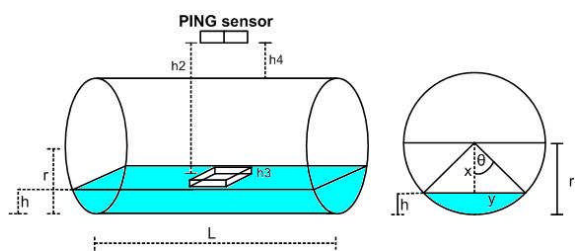
Dengan demikian lebar sisi atas cairan pada saat terukur adalah :

$$S_3 = \frac{(H_t - H + H_2) \times S_2}{H_t} \quad (4)$$

Setelah didapatkan tinggi cairan dan lebar sisi cairan pada saat terukur, maka volume cairan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$V = \frac{1}{3} H(S_1^2 + S_1 S_3 + S_3^2) \quad (5)$$

B. Silinder Tidur



Gambar 6 Wadah penampung zat cair berbentuk silinder tidur.

¹⁾ Mahasiswa Teknik Elektro Undip

²⁾ Dosen Teknik Elektro Undip

Adapun keterangan dari Gambar 6 di atas adalah sebagai berikut :

- L = Panjang silinder (cm)
- r = Jari-jari silinder (cm)
- h = Tinggi permukaan air (cm)
- h2 = Jarak terukur (cm)
- h3 = Tebal pemantul (cm)
- h4 = Jarak sensor PING ke sisi objek (cm)

Sensor PING akan mengukur tinggi h2 yaitu jarak antara sensor dengan permukaan pemantul. Tinggi cairan kemudian didapatkan dari :

$$h = 2r + h4 - h2 - h3 \quad (6)$$

Langkah-langkah untuk menghitung volume cairan dalam bangun ini kemudian dapat dihitung sebagai berikut :

$$\cos \theta = \frac{r - h}{r} \quad (7)$$

$$\theta = \arccos \frac{r - h}{r} \quad (8)$$

Kemudian didapatkan luas sektor yaitu :

$$\text{Luas sektor} = \frac{2\theta}{2\pi} \pi r^2 = \theta r^2 \quad (9)$$

Dengan demikian luas permukaan cairan adalah sama dengan :

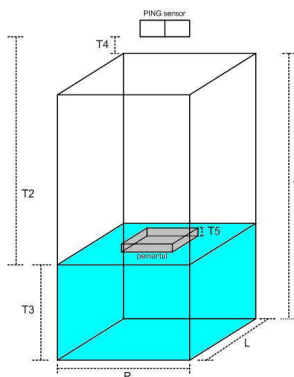
$$L.\text{muka cairan} = r^2 \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \quad (10)$$

Rumus umum volume silinder adalah luas permukaan lingkaran dikali dengan panjang silinder. Untuk kasus seperti Gambar 6 di atas, maka volume silinder adalah luas tembereng dikalikan dengan panjang silinder (L). Dari definisi di atas bahwa luas silinder secara umum adalah luas permukaan lingkaran dikalikan dengan panjang silinder, maka :

$$V = r^2 \left(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) L \quad (11)$$

C. Balok

Wadah ketiga berbentuk balok seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Wadah penampung zat cair berbentuk balok.

Keterangan :

- P = Panjang balok (cm)
- L = Lebar balok (cm)
- T = Tinggi balok (cm)
- T2 = Tinggi terukur (cm)
- T3 = Tinggi bagian balok yang terisi air (cm)
- T4 = Jarak sensor PING ke sisi objek (cm)
- T5 = Tinggi / tebal pemantul (cm)

Sensor PING akan mengukur jarak hingga ke pemantul (T2). Untuk mengukur volume, dibutuhkan data tinggi cairan (T3) yang didapat dari :

$$T3 = T + T4 - T2 - T5 \quad (12)$$

Sehingga volume yang terukur dapat dihitung dengan rumus :

$$V = P \times L \times T3 \quad (13)$$

3.1.2 SENSOR PING

Pada Tugas Akhir ini mikrokontroler dirancang agar memicu sensor PING dengan mengirim pulsa *trigger* (pulsa *high* / t_{out} selama 4 μs) agar PING memulai pengukuran jarak. Kemudian memberikan logika *low* lalu menunda selama 700 μs ($t_{HOLDOFF}$). Setelah itu mikrokontroler akan menyiapkan P3.2 sebagai *input* (P3.2 diberi logika *high*). Mikrokontroler akan menunggu PING untuk mulai memancarkan sinyal. Saat memancarkan sinyal sensor PING mengeluarkan pulsa *output high* pada *pin* SIG dan *timer* 0 mulai diaktifkan hingga kemudian saat menerima pantulan sensor PING akan membuat *output low* pada *pin* SIG dan *timer* 0 dimatikan. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan akan melalui udara dengan kecepatan 344 m/s, mengenai pelampung dan memantul kembali ke sensor. Lebar pulsa *high* (t_{IN}) akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2x jarak ukur dengan objek. Maka jarak yang diukur dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Jarak} = \left[\frac{t_{IN} \text{ s} \times 344 \text{ m/s}}{2} \right] \text{meter} \quad (14)$$

3.2 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

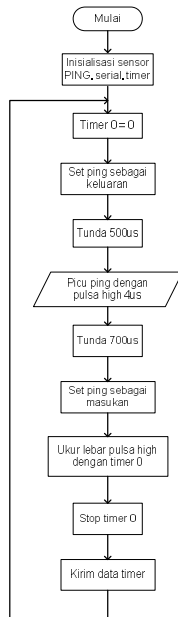
Fungsi dari kerja perangkat keras dapat ditunjang dengan melakukan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak pada Tugas Akhir ini terdiri dari 2 bagian, yaitu bahasa *assembler* pada mikrokontroler AT89S51 dan bahasa pemrograman DELPHI 6 pada komputer.

Pemrograman pada mikrokontroler AT89S51 menggunakan bahasa *assembler*. Mikrokontroler digunakan untuk pemacu sensor PING menggunakan *port* 3.2, mengukur jarak menggunakan *timer* 0 dan komunikasi serial menggunakan *timer* 1. Adapun

¹⁾ Mahasiswa Teknik Elektro Undip

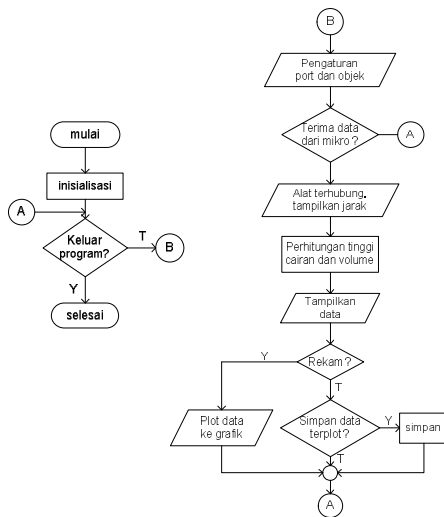
²⁾ Dosen Teknik Elektro Undip

rancangan pemrogramannya mengikuti diagram alir pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram alir pada mikrokontroler.

Kemudian untuk tampilannya menggunakan komputer dengan bahasa pemrograman DELPHI 6 sesuai dengan diagram alir pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9 Diagram alir bahasa pemrograman DELPHI 6.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui hasil perancangan yang telah dibuat, sedangkan analisis dimaksudkan untuk menguji kelayakan sistem yang dibuat dengan teori yang ada. Pengujian yang dilakukan meliputi ketepatan sensor PING *ultrasonic*

range finder dalam pengukuran jarak yang akhirnya menentukan ketepatan dalam pengukuran volume air.

4.1 PENGUJIAN SENSOR PING

Pada prinsipnya pengukuran volume pada tugas akhir ini dilakukan dengan cara mengukur ketinggian air. Dengan demikian besar kecilnya kesalahan yang terjadi pada pengukuran volume adalah bergantung pada besar kecilnya ketinggian yang diukur oleh sensor PING. Pengujian dilakukan pada objek berbentuk limas terpancung dengan jarak antara sensor PING dengan permukaan pemantul antara 10 cm hingga 50 cm. data yang didapat seperti dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Pengujian data jarak yang terukur sensor PING (cm)

Alat ukur pembanding (meteran)	Alat ukur sensor PING		
	Data 1	Data 2	Data 3
10	10,02	9,98	10,02
15	15,22	15,22	15,22
20	19,71	19,74	19,71
25	25,02	25,02	25,02
30	29,84	29,81	29,81
35	34,88	34,91	34,91
40	40,29	39,84	40,29
45	45,26	45,26	45,33
50	49,88	49,74	49,88

Berdasarkan data pengujian yang didapat seperti pada Tabel 4.1 dapat dilakukan perhitungan-perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2 Perhitungan data pengukuran.

Referensi	Pengukuran	\bar{X}	d	D	σ
10	10,02	10,01	0,01	0,0167	0,02
	9,98		-0,03		
	10,02		0,01		
15	15,22	15,22	0	0,0000	0,00
	15,22		0		
	15,22		0		
20	19,71	19,72	-0,01	0,0133	0,02
	19,74		0,02		
	19,71		-0,01		
25	25,02	25,03	-0,01	0,0133	0,02
	25,02		-0,01		
	25,05		0,02		
30	29,84	29,82	0,02	0,0133	0,02
	29,81		-0,01		
	29,81		-0,01		
35	34,88	34,90	-0,02	0,0133	0,02
	34,91		0,01		
	34,91		0,01		
40	40,29	40,14	0,15		

¹⁾ Mahasiswa Teknik Elektro Undip

²⁾ Dosen Teknik Elektro Undip

	39,84		-0,3	0,2000	0,26
	40,29		0,15		
45	45,26	45,28	-0,02	0,0300	0,04
	45,26		-0,02		
	45,33		0,05		
50	49,88	49,83	0,05	0,0633	0,08
	49,74		-0,09		
	49,88		0,05		

Adapun contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Perhitungan untuk pengukuran jarak 10 cm :

- Arithmetic mean :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{n} = \frac{10,02 + 9,98 + 10,02}{3} = 10,01 \text{ cm}$$

- deviasi 1 :

$$d_1 = X_1 - \bar{X} = 10,02 - 10,01 = 0,01 \text{ cm}$$

- deviasi 2 :

$$d_2 = X_2 - \bar{X} = 9,98 - 10,01 = -0,03 \text{ cm}$$

- deviasi 3 :

$$d_3 = X_3 - \bar{X} = 10,02 - 10,01 = 0,01 \text{ cm}$$

- Deviasi rata-rata :

$$D = \frac{\sum |d|}{n} = \frac{0,01 + 0,03 + 0,01}{3} = 0,0167 \text{ cm}$$

- Standar deviasi :

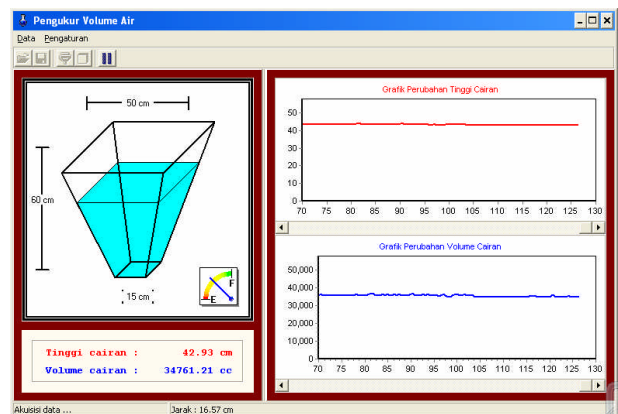
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(0,01)^2 + (-0,03)^2 + (0,01)^2}{2}} = 0,02 \text{ cm}$$

Dari contoh perhitungan tersebut didapatkan bahwa sensor PING mempunyai tingkat presisi atau deviasi rata-rata 0,0167 cm pada pengukuran dengan jarak 10 cm. Berdasarkan Tabel 2 didapatkan bahwa tingkat presisi sensor PING mempunyai harga terkecil 0,2 cm dan terbesar 0 cm. Adapun perbedaan antara jarak referensi dengan pengukuran sensor PING dapat disebabkan karena ketidaktepatan pemasangan sensor PING yang tidak tegak lurus terhadap bidang pantul dan juga pemasangan meteran yang kurang pas.

4.2 PENGUJIAN PADA DELPHI

Pengukuran volume utama pada Tugas Akhir ini adalah menggunakan objek wadah penampung berbentuk limas terpancung dengan sisi atas lebih besar dari sisi bawahnya. Sedangkan pada bentuk silinder tidur dan balok hanya sebatas pengukuran volume tanpa dibuat bentuk fisik wadah itu sendiri. Tampilan pengukuran volume zat cair pada wadah penampung berbentuk limas terpancung ini dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah.

Tampilan pada Gambar 10 dapat dianalisa sebagai contoh perhitungan tinggi cairan dan volume cairan dalam wadah berbentuk limas terpancung tersebut. Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, sensor PING akan mengukur jarak antara sensor dengan tepi atas pemantul (gabus). Karena sensor PING ini ditempatkan pada ketinggian x cm dari tepi atas wadah penampung, maka tinggi cairan dapat dihitung berdasarkan tinggi wadah penampung ditambah jarak sensor ke tepi atas wadah penampung dikurangi jarak yang terukur dikurangi tebal pemantul.



Gambar 10 Tampilan pengukuran volume zat cair.

Sebagai contoh, pada Gambar 10 didapatkan data jarak yang terukur oleh sensor PING adalah 16,57 cm. Dengan data jarak sensor ke tepi atas wadah penampung adalah 1 cm, tebal pemantul 1,5 cm dan tinggi wadah 60 cm maka tinggi cairan dapat dihitung yaitu :

$$\text{Tinggi cairan} = 60 + 1 - 16,57 - 1,5 = 42,93 \text{ cm}$$

Kemudian dibutuhkan data tinggi total limas bila tidak terpancung yang didapat dari perbandingan seperti pada persamaan 3 dengan data panjang sisi atas wadah penampung 50 cm, panjang sisi bawah wadah penampung 15 cm sebagai berikut :

$$Ht = \frac{50 \times 60}{50 - 15} = 85,71$$

Maka lebar sisi atas cairan dapat dihitung sebagai berikut :

$$S_3 = \frac{(85,71 - 60 + 42,93) \times 50}{85,71} = 40,04 \text{ cm}$$

Volume cairan dapat dicari berdasarkan persamaan 5 yaitu :

$$\text{Volume} = \frac{1}{3} \times 42,93 \times ((40,04)^2 + (40,04 \times 15) + (15)^2) = 34756,15 \text{ cm}^3$$

Dari hasil tersebut terdapat sedikit perbedaan antara hasil perhitungan volume dengan volume yang tertera yang dapat diakibatkan karena kesalahan dalam pembulatan.

¹⁾ Mahasiswa Teknik Elektro Undip

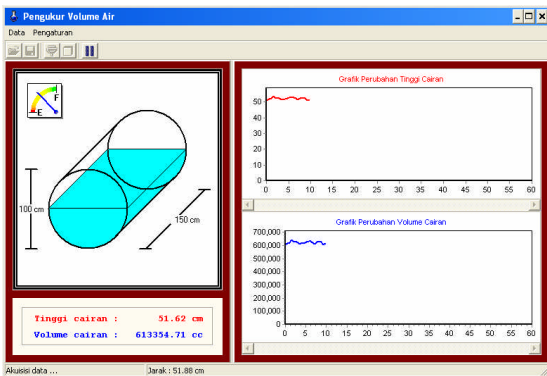
²⁾ Dosen Teknik Elektro Undip

Kelineritasan dapat dilihat dari indikator wadah penampung. Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa indikator berada di tengah yang berarti wadah penampung berisi air dengan volume setengah dari volume maksimalnya. Adapun volume maksimalnya yaitu :

$$V_{\text{mak}} = \frac{1}{3} 60((50)^2 + (50 \times 15) + (15)^2) = 69500 \text{ cm}^3$$

Dengan demikian 0,5 V_{mak} adalah 34750 cm^3 . Dari Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa volume air adalah $34761,21 \text{ cm}^3$ yang mendekati setengah volume maksimal dan indikator berada di tengah. Hal ini berarti pengukur volume ini dapat disebut linear mengingat sisi atas wadah penampung yang lebih lebar dari sisi bawahnya sehingga setengah volume maksimal akan berada di atas setengah tinggi objek.

Untuk pengukuran pada objek wadah penampung berbentuk silinder tidur dapat dilakukan dengan simulasi dengan memperhitungkan jarak yang diukur oleh sensor dan rumus yang telah diketahui pada masing-masing objek, mengingat dalam tugas akhir ini tidak dibuat objek tersebut secara fisik. Untuk contoh penerapan pengukuran volume pada objek bentuk silinder dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Tampilan pengukuran volume pada objek bentuk silinder.

Pada dasarnya seperti pada objek wadah penampung berbentuk limas terpancung yang digunakan pada tugas akhir ini dan juga objek wadah penampung bentuk silinder tidur dan balok, pengukuran volume cairan pada tugas akhir dapat diterapkan pada sembarang bentuk objek lainnya. Yang perlu diperhatikan hanyalah ketepatan sensor PING dalam mengukur jarak (dalam hal ini ketinggian cairan) dan metode perhitungan (rumus-rumus yang menunjang) dalam perhitungan volume itu sendiri. Dan perlu diperhatikan pula bahwa penempatan sensor PING harus tegak lurus dengan objek pemantul sehingga dapat dihasilkan pengukuran yang baik.

IV. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Secara keseluruhan dari hasil percobaan dan pengamatan selama penyusunan dan pembuatan Tugas Akhir ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Sensor PING *ultrasonik range finder* yang memancarkan sinyal ultrasonik dengan kecepatan 334m/detik digunakan untuk pengukuran ketinggian cairan dengan 1 cm jarak yang ditempuh membutuhkan waktu 58 mikro detik dengan menggunakan kristal 12 MHz pada mikrokontroler AT89S51.
2. Sensor PING mempunyai *range* jarak antara 3cm - 3m sehingga dalam pembuatan tugas akhir ini dapat berjalan baik dengan wadah penampung yang berdimensi tinggi 60 cm.
3. Pengukuran ketinggian air oleh sensor PING pada Tugas Akhir mempunyai tingkat presisi terbesar 0 cm dan terbesar 0,2 cm.
4. Pengukuran volume dapat dilakukan pada objek bentuk lainnya selama sensor PING masih dapat melakukan pengukuran ketinggian cairan dengan baik pada wadah tersebut.
5. Indikator *level* air dan grafik penurunan ketinggian dan volume cairan ketika keran dibuka dapat menghasilkan garis yang cukup linier walaupun bentuk objek sisi atasnya lebih besar daripada sisi bawahnya.

5.2 SARAN

Dapat dilakukan pengukuran pada objek wadah penampung dengan bentuk yang lain secara nyata. Dapat pula dilakukan pengontrolan lebih lanjut dalam pengukuran volume zat cair ini ataupun diterapkan dalam pengukuran volume tangki bahan bakar dan sebagainya.

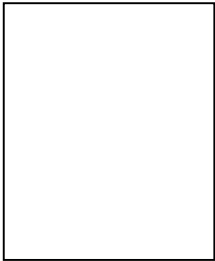
DAFTAR PUSTAKA

1. Djodjodhardjo, H., *Metode Numerik*, Penerbit Erlangga, Bandung, 1982.
2. Ibnu Malik, Muhammad, Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997
3. Nuruz, *Modul Praktikum Fisika*, Departemen Fisika ITB, Bandung, 2006
4. Putra, Agfianto Eko, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*, Gaya Media, Yogyakarta, 2002

¹⁾ Mahasiswa Teknik Elektro Undip

²⁾ Dosen Teknik Elektro Undip

5. Tocci, R.J., *Digital Systems Principles and Applications*, Prentice-Hall International, Inc, New Jersey, 1991
6. ---, *AT89S51 Datasheet*, <http://www.Atmel.com>, 2006.
7. ---, *Timer dan Counter dalam MCS51*, <http://www.w3.org/TR/REC-html40>, May 2007
8. ---, *PING)))™ Ultrasonic Distance Sensor (#28015)*, <http://www.parallax.com/28015-PING-v1.3>, May 2007.
9. ---, *Detect Distance with the Ping))) (TM) Ultrasonic Sensor*, <http://www.parallax.com/Distance28015>, May 2007



Teguh Wiguna

Lahir di Bogor, 10 Januari 1981. Menempuh pendidikan di SD Pengadilan II Bogor lulus pada tahun 1993, kemudian melanjutkan ke SLTPN V Bogor lulus pada tahun 1996, kemudian melanjutkan ke SMU Negeri 1

Bogor lulus tahun 1999. Saat ini sedang menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang Konsentrasi Elektronika Telekomunikasi.

Mengetahui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Achmad H, ST, MT.
NIP. 132 137 933

Trias A, ST, MT.
NIP. 132 283 183