

ALAT UKUR VOLUME FLUIDA CAIR BERBASIS MIKROKONTROLLER

Dedy Farhamsa¹, Rihston A. Mayusa¹, Moh. Dahlan Th. Musa¹
¹Jurusan Fisika Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

ABSTRAK

Dalam rangka membuat suatu sistem instrumentasi yang dapat mengetahui volume zat cair secara otomatis dalam suatu wadah yang telah diketahui volumenya, dibuatlah “Alat Ukur Volume Fluida Cair Berbasis Mikrokontroler”. Perancangan alat ukur ini memanfaatkan sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah sensor “*Ping*” yang membangkitkan frekuensi 40 kHz. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan dengan kecepatan 340 m/s dan ditangkap kembali oleh penerima gelombang ultrasonik yang ada pada sensor tersebut. Data waktu, jarak dan volume diproses oleh mikrokontroler ATmega328 (*Arduino*) dengan menggunakan bahasa C. Hasil pengujian menunjukkan tingkat presisi atau penyimpangan alat yang tertinggi adalah 0,125 dan terendah adalah 0. Hasil pengukuran volume fluida cair dilakukan secara otomatis kemudian ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*).

Kata Kunci : *Mikrokontroler ATmega328 (Arduino), Ping Ultrasonik, LCD*

ABSTRACT

In Order to create an instrumentation system that can automatically determine the volume of liquid in a known volume container, we make an instrument of microcontroller-based liquid volume measurement. The design of this measuring instrument utilizes ultrasonic sensors. The ultrasonic sensor use “*Ping*” sensor which produces a frequency of 40 kHz. Ultrasonic waves emitted by the speed of 340 m/s and recaptured by the receiving ultrasonic waves that exist on the sensor. Data of time, distance and volume processed by the microcontroller ATmega328 (*Arduino*) using C language. The test result show the level of precision or highest deviation is 0,125 and the lowest is 0. The result of volume measurement of liquid fluid is done automatically and then displayed on the LCD (*Liquid Crystal Display*).

Keyword : *Microcontroller Atmega328 (Arduino), Ping Ultrasonic, LCD*

PENDAHULUAN

Fluida merupakan suatu zat yang dapat mengalir dan mampu menyesuaikan diri dengan wadah yang ditempatinya. Salah satu jenis fluida ini adalah zat cair. Hampir seluruh kehidupan manusia membutuhkan zat cair. Contohnya, seperti air yang dipakai manusia untuk mencuci dan minum, bensin dan solar digunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor dan lain-lain. Kebanyakan fluida jenis ini dapat kita temukan di alam sekitar dan di tempat-tempat penampungan lainnya, seperti bensin dan solar di Pertamina.

Untuk penggunaannya, manusia perlu mengetahui besar dan kapasitas fluida dalam tempat penampungan tersebut. Contoh kasus, pada penampungan bensin dan solar di Pertamina. Bentuk wadah penampung berupa silinder tegak dan tertutup. Pihak Pertamina memiliki cara untuk menghitung debit bensin dan solar dalam tabung yang disediakan dengan memakai 2 cara, yaitu:

1. Sistem perhitungan geometri sederhana, yaitu dengan menggunakan meteran. Cara pengukurannya dilakukan dengan mengulurkan meteran ke dalam wadah zat cair tersebut. Hasil pengukuran diambil dari permukaan zat cair teratas yang ditunjukkan oleh skala meteran.
2. Sistem penakaran, yaitu menggunakan wadah yang telah diukur volumenya. Wadah tersebut diisi dengan air, kemudian air dari wadah itu dituangkan ke dalam wadah zat cair yang akan diukur. Hasil pengukuran diambil dari jumlah air (yang telah di takar) yang di masukan ke dalam wadah.

Proses pengukuran dengan metode seperti ini kurang efisien. Kedua cara ini memiliki kekurangan seperti pembacaan skala pada meteran atau disebut *human error* dan juga membutuhkan waktu yang cukup lama. Dan akan lebih sulit jika mengukur volume fluida pada penampungan yang hanya terisi setengahnya.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama di bidang elektronika dan instrumentasi, pada prinsipnya dapat diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu dengan membuat alat ukur volume fluida cair yang bekerja secara otomatis. Pengukuran dapat menggunakan sensor ultrasonik, dengan membandingkan tinggi total dan tinggi pengukuran sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan dalam bentuk digital.

DASAR TEORI

a. Fluida

Fluida adalah zat yang mampu mengalir dan dapat menyesuaikan diri dengan bentuk wadah yang ditempatinya. Semua fluida memiliki suatu derajat

kompresibilitas dan memberikan tahanan kecil terhadap perubahan bentuk. Fluida meliputi cairan dan gas. (Tipler, 1991)

Cairan tidak mempertahankan bentuk yang tetap, melainkan mengambil bentuk tempat yang ditempatinya. Tetapi seperti benda padat, cairan tidak langsung dapat ditekan, dan perubahan volume yang cukup signifikan terjadi jika diberikan gaya yang besar. Gas tidak memiliki bentuk dan volume yang tetap, gas akan menyebar memenuhi tempatnya. Perbedaan-perbedaan utama antara cairan dan gas adalah :

1. Cairan praktis tak kompresibel, sedangkan gas kompresibel.
2. Cairan mengisi volume tertentu dan mempunyai permukaan-permukaan bebas sedangkan gas dengan massa tertentu mengembang sampai mengisi seluruh bagian wadah yang di tempatinya. (Giancoli, 1998)

b. Pengertian Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terjadi karena adanya rapatan dan regangan dalam medium padat, cair atau gas. Suatu gelombang terjadi apabila suatu benda bergetar sehingga menyebabkan gangguan kerapatan medium. Gangguan di jalarkan di dalam medium melalui interaksi molekul-molekulnya. Getaran gelombang tersebut berlangsung sepanjang arah perjalanan gelombang.

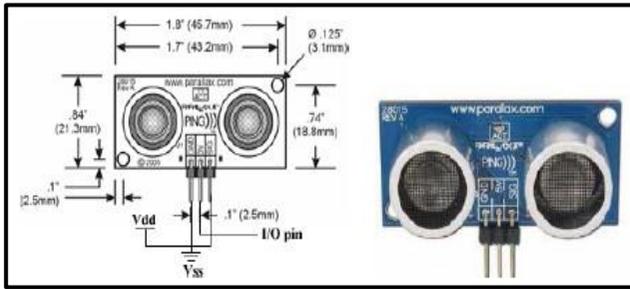
1. Gelombang Infrasonik < 20 Hz.
2. Gelombang Audisonik berkisar 20 Hz - 20 kHz.
3. Gelombang Ultrasonik > 20 kHz.

c. Refleksi (Hukum Snellius)

Dalam medium homogen, seperti udara dengan kerapatan konstan, gelombang akan menjalar dengan lurus searah berkas. Bila suatu gelombang datang pada suatu bidang batas yang memisahkan 2 medium dengan laju gelombang yang berbeda, maka sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lain ditransmisikan.

d. Ping Ultrasonic Range Finder

Ping Ultrasonic Range Finder, adalah modul pengukur jarak dengan ultrasonik buatan *Paralax Inc*, yang di desain khusus untuk teknologi robotika. Sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. *Ping* mempunyai 3 pin yaitu yaitu GND (V_{ss}), Input 5 V (V_{dd}) dan pin I/O dengan keluaran bilangan biner berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak (lebar pulsanya bervariasi dari 115 μs sampai 18,5 ms) yang kemudian langsung dihubungkan ke mikrokontroler.



Gambar 1. Sensor ultrasonik dan konfigurasi pin

Pada saat memancarkan gelombang ultrasonik, sensor *Ping* ultrasonik menghasilkan pulsa *output high* pada pin SIG. Kemudian setelah gelombang pantulan terdeteksi, sensor *Ping* ultrasonik menghasilkan *output low* pada pin SIG. Lebar pulsa tersebutlah yang diproses sebagai jarak antara sensor dengan objek. Lebar pulsa akan sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2x jarak ukur dengan obyek. Untuk menentukan jaraknya digunakan persamaan :

$$S = v \cdot t \dots\dots\dots (1)$$

Dimana durasi waktu ketika sensor memancarkan gelombang adalah $t_0 = 0$, kemudian mengenai objek t_1 , dan menangkap kembali gelombang pantul t_2 . Sehingga untuk mendapatkan durasi waktu ketika sensor memancarkan gelombang hingga mengenai objek, maka persamaan waktunya menjadi :

$$t_1 = \frac{1}{2} (t_2 + t_0) \dots\dots\dots (2)$$

Sehingga :

$$S = v \cdot t_1 \dots\dots\dots (3)$$

Oleh karena kecepatan gelombang ultrasonik v , telah diketahui sebesar 340 m/s, maka persamaannya menjadi:

$$S = (340 \text{ m/s}) \cdot t_1 \dots\dots\dots (4)$$

e. Arduino Uno R3 (Atmega328)

Arduino Uno R3 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328. Memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP, dan tombol reset. Komponen-komponen ini diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Alat ini dapat langsung berfungsi ketika terhubung ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau baterai 9V.



Gambar 2. *Arduino Uno R3*

f. LCD (16x4)

Liquid Crystal Display atau disingkat LCD adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan di berbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer.



Gambar 3. LCD 16 x 4

g. Standar Deviasi

Standar deviasi dari sebuah himpunan data adalah ukuran seberapa tersebarnya nilai data-data tersebut. rumusan dari standar deviasi sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana σ merupakan standar deviasi, X adalah sebuah himpunan data dan \bar{X} merupakan rata-rata dari X . untuk mendapatkan \bar{X} , digunakan persamaan berikut :

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (6)$$

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material, Energi, Instrumentasi dan Bengkel, Jurusan Fisika Universitas Tadulako.

a. Perancangan Alat

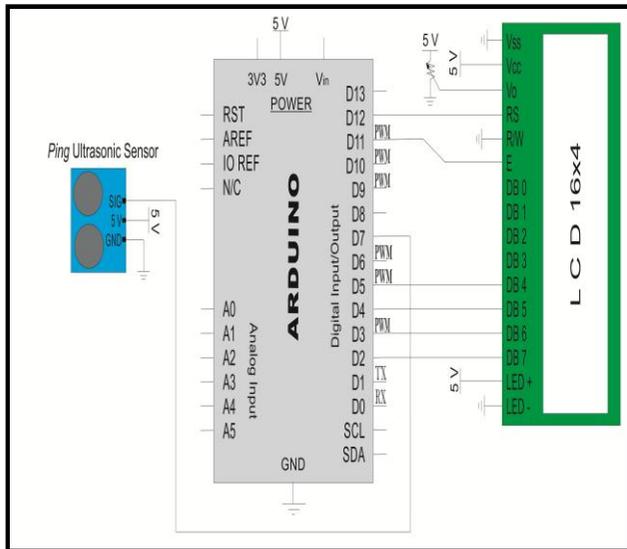
Alat ini terdiri dari 3 bagian utama, yaitu bagian *Ping Ultrasonic Sensor*, mikrokontroler (*Arduino*) dan LCD (*Display*).

Tabel 1. Pemasangan Pin LCD Ke *Arduino*

Pin LCD	Pin Arduino
1	Gnd
2	5V
4	D12
5	Gnd
6	D11
11	D5
12	D4
13	D3
14	D2
15	5V
16	Gnd

Tabel 2. Pemasangan Pin Sensor Ke Arduino

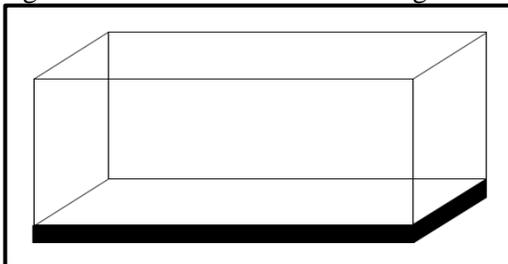
No	Pin Sensor	Pin Arduino
1	GND (V_{ss})	Gnd
2	5V (V_{dd})	5V
3	SIG (I/O)	D7



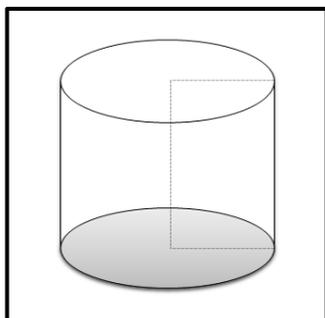
Gambar 4. Rangkaian Alat Ukur Volume Fluida Cair Otomatis

b. Wadah penampung zat cair

Wadah yang akan digunakan sebagai penampung zat cair, ada 2 bentuk. Pertama berbentuk Kotak persegi panjang dan kedua berbentuk silinder tegak.

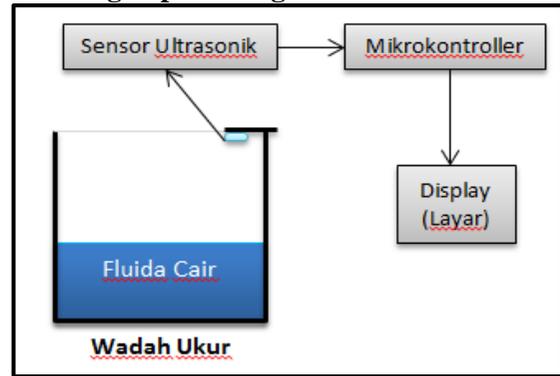


Gambar 5. Rancangan wadah penampung berbentuk Persegi panjang



Gambar 6. Rancangan wadah penampung berbentuk Silinder tegak

c. Rancangan pemasangan alat



Gambar 7. Rangkaian pemasangan alat ukur volume fluida cair

Sensor dipasang tepat dipermukaan bagian atas wadah. Kemudian dihubungkan dengan *Arduino* (Atmega 328) melalui kabel. Sumber tegangan pada sensor, *Arduino* (Atmega328) dan LCD sebesar 9 Volt, dapat berasal dari PC dengan menggunakan kabel USB.

d. Pembuatan Program

Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu *software Arduino*. Untuk memperoleh volume, maka digunakan persamaan berikut, kemudian dimasukkan kedalam program :

- Persamaan untuk wadah berbentuk kotak

$$V_{\text{wadah}} = (P.L.H)_{\text{wadah}} \dots\dots\dots (7)$$

$$V_{\text{Air}} = (P.L.H)_{\text{wadah}} - (P.L).H_{\text{sensor}} \dots\dots\dots (8)$$
- Persamaan untuk wadah berbentuk silinder

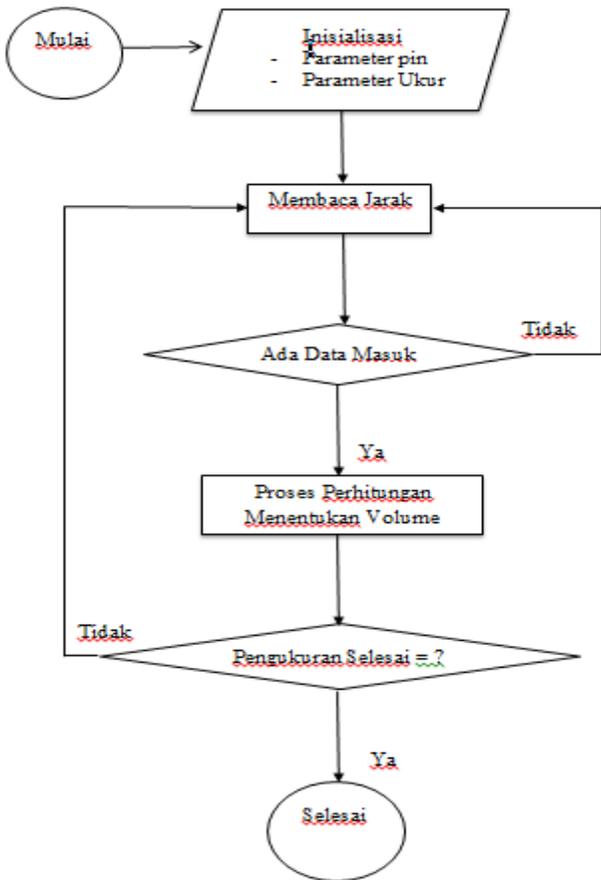
$$V_{\text{wadah}} = (\pi r^2.H)_{\text{wadah}} \dots\dots\dots (9)$$

$$V_{\text{Air}} = (\pi r^2.H)_{\text{wadah}} - (\pi r^2).H_{\text{sensor}} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana P (panjang), L (lebar), H (tinggi) dan V adalah volume. Sedangkan H_{sensor} , merupakan tinggi yang terukur oleh sensor.

e. Pengujian Alat

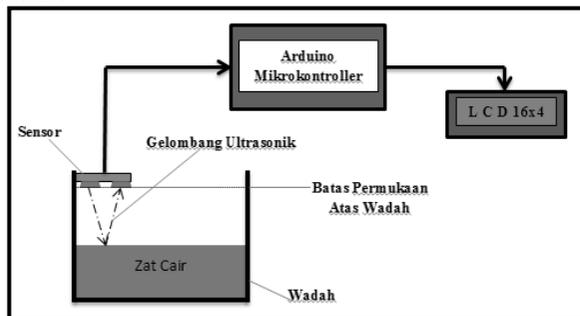
Sebelum alat digunakan, alat terlebih dahulu diuji untuk mengetahui apakah alat telah berfungsi. Pengujian dilakukan dengan cara memberi penghalang pada sensor, jika sensor merespon penghalang dan respon tersebut tampil pada layar LCD, maka rangkaian alat pengukur volume zat cair dapat beroperasi.



Flowchart Pemrograman

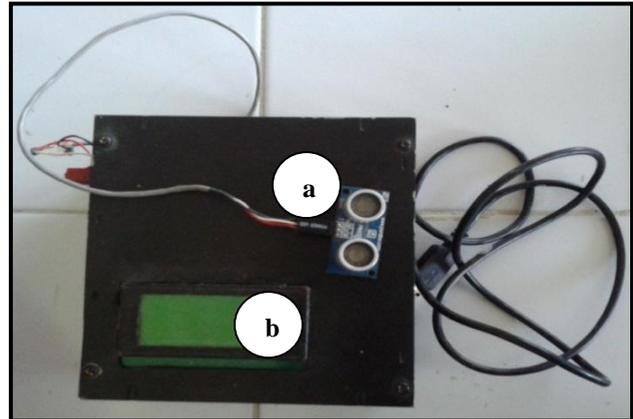
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja dari alat ukur volume otomatis yaitu memancarkan gelombang ultrasonik yang dibangkitkan oleh sensor sehingga mengenai suatu fluida cair kemudian menangkap kembali pantulan gelombang ultrasonik tersebut untuk diteruskan ke mikrokontroler. Untuk memperoleh jarak antara kedua objek, sensor ultrasonik memperhitungkan waktu tempuh (2t) gelombang ultrasonik ketika mulai dipancarkan sampai gelombang pantul diterima kembali. Data dari sensor ultrasonik kemudian diubah menjadi besaran volume oleh mikrokontroler dengan menggunakan Persamaan (3.2) dan (3.4). Hasil dari pengukuran tersebut kemudian ditampilkan pada LCD dalam bentuk volume.



Gambar 8. Sistem alat ukur volume fluida cair otomatis.

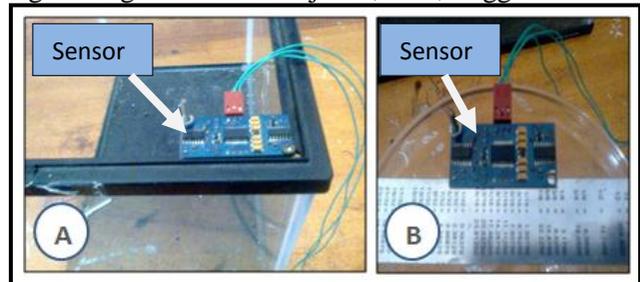
a. Hasil Pembuatan Alat Ukur



Gambar 9. Alat Ukur Volume Fluida Cair Berbasis Mikrokontroler, (a) LCD (b) Sensor Ultrasonik

b. Bagian Mekanik

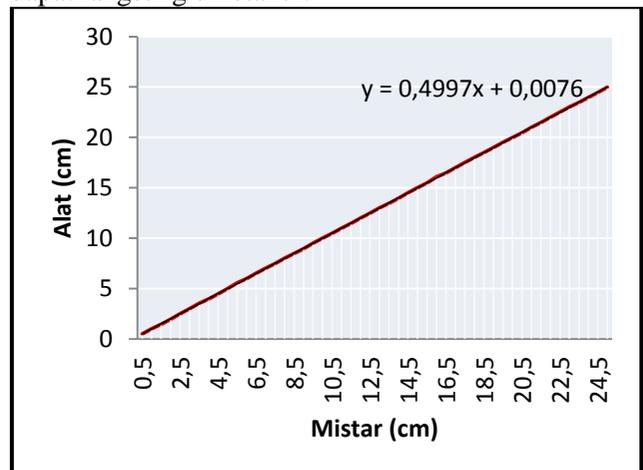
Bagian mekanik terdiri dari wadah penampung fluida cair dan tempat pemasangan sensor. Wadah penampung yang digunakan terdiri dari 2 bentuk, yaitu kotak persegi panjang dengan ukuran Panjang 34,5 cm, lebar 20,5 cm, tinggi 24,0 cm dan silinder tegak dengan ukuran Jari-jari 5,8 cm, tinggi 17 cm.



Gambar 10. Pemasangan sensor pada wadah (A) Kotak Persegi Panjang (B) Silinder Tegak

c. Kalibrasi Alat Ukur

Kalibrasi sensor ultrasonik menggunakan mistar sebagai kalibrator, dengan nilai skala terkecil 0,1 cm dan batas ukur 30 cm. Keluaran data jarak pada sensor adalah digital, sehingga jarak yang diukur dapat langsung diketahui.



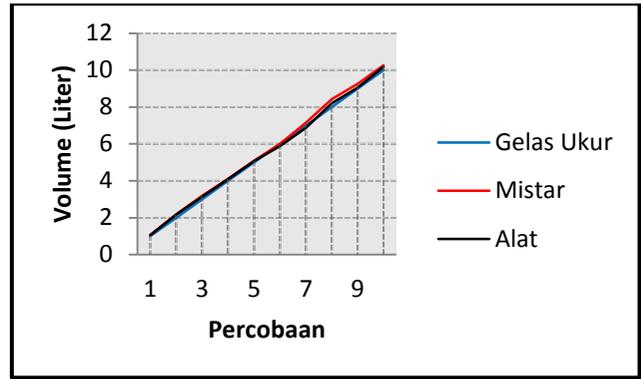
Gambar 11. Grafik Kalibrasi Sensor Ultrasonik

d. Hasil percobaan

Pada percobaan pertama, dilakukan pengukuran pada wadah berbentuk kotak persegi panjang. Langkah awal yaitu menentukan volume kotak persegi panjang dengan mengukur panjang, lebar dan tinggi kotak. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam program mikrokontroler. Selanjutnya, pengukuran dilakukan dengan menggunakan 3 alat ukur, yaitu mengukur menggunakan mistar, gelas kimia dan menggunakan alat ukur volume fluida cair otomatis. Pengukuran yang dilakukan sebanyak 10 kali dengan volume yang berbeda. Setiap percobaan, data dari alat di ambil sebanyak 3 data dengan selang waktu 3 detik. Artinya, data pada alat terkadang berupa akibat pengaruh dari luar seperti guncangan sehingga membuat air bergerak. Pengambilan data ini di maksudkan untuk mencari tingkat presisi alat dalam pengukuran.

Tabel 3. Hasil pengukuran pada wadah berbentuk kotak persegi panjang menggunakan mistar, gelas kimia dan alat ukur

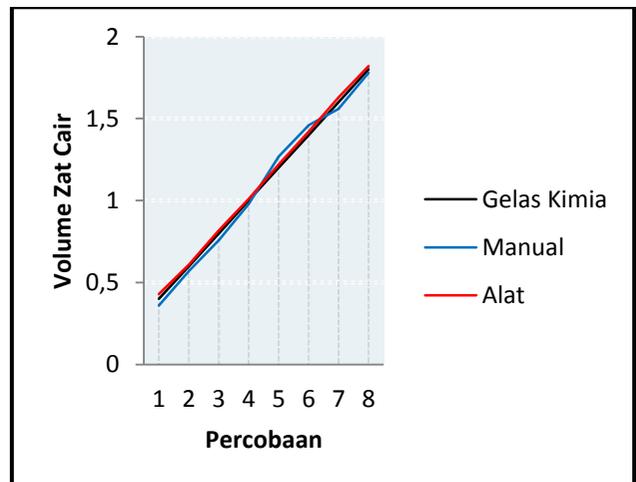
No	Gelas Kimia (Liter)	Mistar		Alat	
		T (cm)	V (Liter)	T (cm)	V (Liter)
1	1	1,50	1,06	1,49	1,05
				1,50	1,06
				1,50	1,06
2	2	3,10	2,19	3,09	2,18
				3,05	2,15
				3,05	2,15
3	3	4,50	3,18	4,43	3,13
				4,47	3,16
				4,43	3,13
4	4	5,80	4,10	5,78	4,08
				5,78	4,08
				5,78	4,08
5	5	7,20	5,09	7,21	5,09
				7,10	5,02
				7,22	5,11
6	6	8,50	6,01	8,22	5,81
				8,34	5,89
				8,38	5,93
7	7	10,10	7,14	9,74	6,89
				9,64	6,82
				9,76	6,90
8	8	11,9	8,42	11,67	8,25
				11,57	8,18
				11,57	8,18
9	9	13,10	9,26	13,00	9,19
				12,67	8,96
				12,71	8,99
10	10	14,50	10,26	14,47	10,23
				14,34	10,14
				14,34	10,14



Gambar 4. Hasil pengukuran volume fluida cair pada wadah berbentuk Kotak persegi panjang

Tabel 4. Hasil pengukuran pada wadah berbentuk silinder tegak

No	Gelas Kimia (Liter)	Manual (Liter)	Alat (Liter)
1	0,4	0,36	0,43
2	0,6	0,57	0,61
3	0,8	0,76	0,82
4	1,0	0,98	1,01
5	1,2	1,27	1,22
6	1,4	1,46	1,42
7	1,6	1,56	1,63
8	1,8	1,78	1,82



Gambar 13. Hasil pengukuran volume fluida cair pada wadah berbentuk Silinder tegak

Standar deviasi merupakan nilai penyimpangan suatu alat ukur dalam suatu pengukuran. Nilai standar deviasi diperoleh dari nilai pengukuran berulang suatu alat, kemudian diolah menggunakan Persamaan (5) dan (6). Standar deviasi atau tingkat presisi sensor yang digunakan diperoleh nilai tertinggi 0,125 dan terendah 0. Adapun perbedaan antara hasil pengukuran volume menggunakan alat

dengan gelas kimia disebabkan ketidaktepatan (tegak lurus) dalam pemasangan sensor dan adanya gangguan dari luar sehingga zat cair dalam wadah menjadi tidak tenang. Berikut data hasil pengukuran volume fluida cair :

Tabel 5. standar deviasinya (σ).

No	Gelas Kimia (Liter)	Manua 1 (Liter)	Alat	
			V rata-rata (Liter)	σ
1	1	1,06	1,06	0,007
2	2	2,19	2,16	0,017
3	3	3,18	3,14	0,017
4	4	4,10	4,08	0
5	5	5,09	5,07	0,048
6	6	6,01	5,88	0,045
7	7	7,14	6,87	0,044
8	8	8,42	8,20	0,041
9	9	9,26	9,05	0,125
10	10	10,26	10,17	0,052

KESIMPULAN

dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

1. Alat ukur volume fluida cair dapat bekerja secara otomatis dengan tingkat presisi tertinggi 0,125.
2. Sensor ultrasonik tidak dapat bersentuhan langsung dengan zat cair, sehingga pemasangannya harus diatas permukaan zat cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Djonoputro, B Darmawan, 1984, *Teori Ketidakpastian Menggunakan Satuan SI*, ITB, Bandung.
- Giancoli, Douglas C, 1998, *FISIKA Edisi Kelima Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Halliday and Resnick, 1996, *Fisika Jilid 2 Edisi Ketiga*, Erlangga, Jakarta.
- Mellis, David A, 2012, *Arduino Duemilanove*, <http://arduino.cc/en/Main/arduino>, Tanggal akses 10 November 2012.
- Stewart, James, 1999, *KALKULUS Edisi Keempat Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Telkom Institute Technology, 2010, *DIGITAL LIBRARY Sensor Ultrasonik*, <http://digilib.itelkom.ac.id>, Tanggal akses 11 Maret 2014.
- Tipler, Paul A, 1991, *FISIKA Untuk Sains dan Teknik*, Erlangga, Jakarta.

PING)))TM, 2007, *Ultrasonic Distance Sensor*, www.parallax.com, Tanggal akses 4 Mei 2014.

Young & Freedman, 2002, *FISIKA UNIVERSITAS Edisi Kesepuluh Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.