

## PERANCANGAN SENSOR DIGITAL ULTRASONIK BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK PENGUKURAN KETINGGIAN PERMUKAAN AIR

**Jamaludin**

Prodi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya  
email: didinjamal861@gmail.com

### Abstrak

Perkembangan sains fisika dan teknologi terkait memicu perkembangan bidang fisika instrumentasi untuk peningkatan kualitas teknik dan hasil-hasil pengukuran besaran fisis sebagai bagian dari proses pelaksanaan penelitian menuju kualitas produk penelitian yang lebih baik. Untuk keperluan tersebut, maka instrumen baru yang dikembangkan dari instrumen lama untuk mengatasi beberapa kelemahan teknis dan non-teknis dalam proses pengukuran dirancang dengan tujuan untuk meningkatkan taraf ketelitian hasil ukur. Dalam penelitian skripsi ini, peneliti merancang sensor digital ultrasonik berbasis mikrokontroler untuk pengukuran ketinggian permukaan air dalam percobaan gravity current di laboratorium. Pengukuran ketinggian permukaan air dalam tangki percobaan memerlukan level konsistensi, akurasi dan presisi yang tinggi untuk menentukan kecepatan gravity current dan kekekalan volume (massa) fluida inkompresibel. Hasil-hasil pengukuran ketinggian permukaan air dalam tangki percobaan pada kedalaman 5 cm, 10 cm, dan 15 cm dengan menggunakan sensor digital ultrasonik menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bersifat konsisten, akurat dan presisi dalam proses pengukuran.

**Kata Kunci:** sensor digital ultrasonik, mikrokontroler.

### Abstract

*The development of the physical sciences and related technologies trigger the development of the field of physics instrumentation and techniques for improving the quality of the measurement results of the physical quantities as part of the process of conducting research towards product quality better research. For this purpose, the new instrument was developed from the old instrument to address some of the weaknesses of technical and non technical in the measurement process is designed with the aim to improve the precision of the measurement. In this thesis study, the researchers designed a microcontroller based ultrasonic digital sensors for measuring water levels in the gravity current experiments in the laboratory. Measurement of water levels in the tank experiments require the level of consistency, accuracy and high precision for determining the speed of gravity currents and conservation of volume (mass) incompressible fluid. The results of measurements of water levels in the tank experiments at a depth of 5 cm, 10 cm, and 15 cm using a digital ultrasonic sensors showed that ultrasonic sensors are consistent, accurate and precision in the measurement process*

**Keywords:** digital ultrasonic sensor, microcontroller.

### PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi yang semakin canggih sekarang ini, banyak hal yang telah dilakukan oleh berbagai kalangan baik peneliti, akademisi maupun praktisi dalam upaya meningkatkan produksi dan pengelolaan instrumen laboratorium yang baru secara teknis lebih fleksibel, akurat dan presisi serta dapat digunakan dengan mudah oleh siapapun. Tujuan praktis dari perancangan instrumen alat ukur yang baru adalah untuk memperoleh data hasil percobaan yang lebih akurat dan presisi baik dalam skala laboratorium maupun skala lapangan.

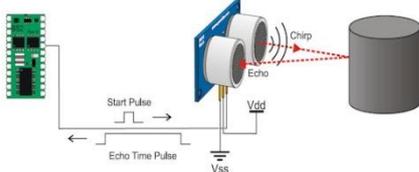
Peneliti terdahulu tersebut juga melakukan pengukuran ketinggian permukaan larutan garam dan air tawar dengan bantuan dua buah jangka sorong digital

terhubung dengan kawat yang tercelup ke dalam larutan garam dan air tawar. Teknik ini lebih teliti daripada menggunakan mistar berskala, namun memiliki kelemahan dalam hal kestabilan bagian rotor (bagian dari jangka sorong yang bergerak). Kesulitan lain adalah keraguan dalam hal penentuan tinggi permukaan air, meskipun kalibrasi telah dilakukan. Seringkali bagian rotor jangka sorong macet, dalam penelitian ini peneliti berusaha mengatasi kelemahan alat ukur dan teknik pengukuran peneliti terdahulu dengan merancang instrumen alat ukur ketinggian permukaan air yang dapat digunakan dalam percobaan gravity current di laboratorium berbasis sensor digital ultrasonik yang bekerja berdasarkan prinsip perambatan gelombang ultrasonik dengan frekuensi di atas 20 kHz.

Hasil-hasil penelitian ini diharapkan memberikan motivasi akademik dan kontribusi penting bagi sivitas akademik di selingkung Jurusan Fisika FMIPA, khususnya dosen dan mahasiswa yang terlibat dalam penelitian perambatan *gravity current* baik yang telah diselesaikan maupun yang akan dikerjakan. Penerapan sensor digital ultrasonik berbasis mikrokontroler dalam percobaan perambatan *gravity current* di laboratorium memberikan hasil ukur ketinggian permukaan air dalam tangki yang lebih akurat dan presisi.

Gelombang bunyi adalah gelombang mekanik longitudinal yang terjadi karena rapatan dan renggangan yang merambat dalam medium padat, cair dan gas. Selain karena kemudahan perancangan, prinsip dasar fisika inilah yang menjadi alasan mengapa gelombang bunyi digunakan sebagai ‘alat’ untuk mengukur kedalaman zat cair yang ditempatkan dalam suatu wadah melalui perancangan sensor digital ultrasonik berbasis mikrokontroler. Seperti juga perambatan gelombang pada umumnya, pada perambatan bunyi ada besaran fisis yang bervariasi dalam ruang spasial dan temporal (ruang 4 dimensi), yaitu vektor pergeseran partikel di sekitar kedudukan setimbang, yang biasa diberi simbol  $\eta$ .

Aplikasi gelombang ultrasonik dapat ditemui pada pengukuran jarak pisah dua objek fisis, misalnya jarak antara dua buah bidang permukaan seperti pada kasus pengukuran kedalaman zat cair atau ketinggian permukaan zat cair yang ditempatkan dalam suatu wadah horizontal. Prinsip dasar pengukuran jarak adalah memanfaatkan perambatan gelombang bunyi yang datang pada suatu permukaan dan yang dipantulkan balik dari permukaan tersebut. Prinsip ini banyak sekali diterapkan dalam sensor penginderaan jauh dan teknik robotika untuk berbagai keperluan (Gonzales et al., 2009; Mariappan et al., 2011; Garcia et al., 2012). Prinsip dasar ini sama seperti prinsip pengukuran jarak dalam ruang spasial dengan memanfaatkan karakteristik perambatan gelombang elektromagnetik, misalnya pada sistem radar, komunikasi nirkabel, dan telekomunikasi.



Gambar 1. Skema cara kerja sensor digital ultrasonik

Berdasarkan cara kerja sensor digital ultrasonik seperti terlihat pada Gambar 1 di atas, maka sinyal pantul yang diterima akan diproses untuk menghitung jarak antara sumber dan objek fisis (permukaan bidang pantul) menurut persamaan berikut

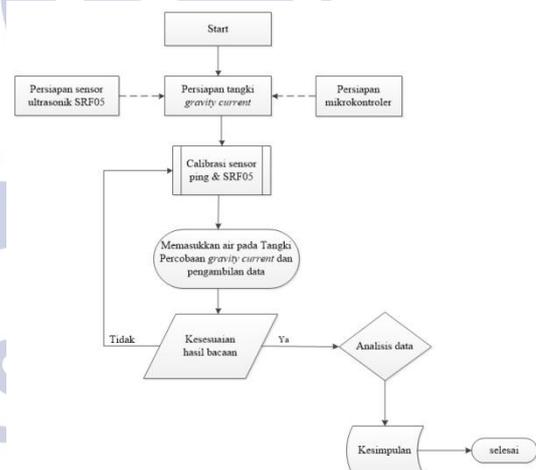
$$v = \lambda f \quad (1)$$

dengan  $v$  adalah kecepatan,  $\lambda$  adalah panjang gelombang dan  $f$  adalah frekuensi bunyi. Bunyi yang merambat dengan kecepatan  $v$  tersebut akan menempuh jarak tempuh sejauh  $S$  (dari sumber datang pada permukaan dan kembali pada sumber) dalam selang waktu  $\Delta t$ . Bila jarak antara sumber bunyi ke permukaan (objek fisis) adalah  $d$  maka berlaku, sehingga dengan asumsi bahwa gelombang bergerak dengan kecepatan tetap maka berlaku persamaan berikut:

$$2d = v\Delta t \quad (2)$$

## METODE

Penelitian yang baik dan benar membutuhkan sebuah prosedur yang jelas, berisi tahap-tahap penelitian tentang bagaimana penelitian tersebut dilaksanakan. Prosedur perancangansensor digital ultrasonic berbasis mikrokontroler dapat dilihat pada diagram alir penelitian. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2, tahap dalam penelitian ini adalah persiapan mikrokontroler sensor digital ultrasonic yang dipasang pada bagian atas tangki percobaan *gravity current*, tepat berada di samping jangka sorong digital yang telah terpasang sebelumnya.



Gambar 2. Alir penelitian

Pengambilan data penelitian dimulai dengan memasukkan air ke dalam tangki. Percobaan pengukuran ketinggian permukaan air dalam tangki dilakukan untuk kedalaman 5 cm, 10 cm, dan 15 cm diukur dari dasar tangki horisontal. Pengamatan terhadap perubahan angka hasil ukur ketinggian permukaan air dilakukan melalui bantuan LCD. Bila permukaan air sudah tenang, maka pencatatan angka yang ditampilkan oleh LCD baru boleh dilakukan. Bila terjadi kesalahan dalam pengambilan data, maka kalibrasi alat ukur harus dilakukan ulang dengan mengosongkan tangki percobaan terlebih dahulu sebelum pencatatan hasil ukur ketinggian permukaan air dengan LCD dilakukan.

Pengumpulan data penelitian skripsi ini dilakukan dengan mengukur tinggi permukaan air dalam tangki percobaan gravity current untuk 3 kedalaman yang berbeda (5 cm, 10 cm, dan 15 cm); masing-masing kedalaman sebanyak 5 kali pengukuran (dengan waktu jeda antar 2 pengukuran berturut-turut sekitar 2 menit untuk menunggu permukaan air menjadi tenang) dengan menggunakan sensor digital ultrasonik berbasis mikrokontroler.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua hasil-hasil ukur ketinggian permukaan air dengan menggunakan sensor digital ultrasonik SRF05 dan jangka sorong digital dilaporkan di bawah ini dalam tabel yang menggambarkan tingkat keakuratan kedua alat ukur tersebut. Tabel 1 dan berisi hasil-hasil ukur ketinggian permukaan air dalam tangki percobaan gravity current pada kedalaman 5 cm.

Tabel 1. pengukuran kedalaman 5 cm

No	Sensor Digital Ultrasonik SRF05		Jangka Sorong Digital	
	ujung kiri (mm)	ujung kanan (mm)	ujung kiri (mm)	ujung kanan (mm)
1	52,150	49,170	51,16	48,59
2	52,150	49,170	51,23	48,42
3	52,150	49,170	51,50	48,94
4	52,150	49,170	51,40	48,88
5	52,150	49,170	51,40	48,94

Dalam Tabel 1 tersebut penulisan ketinggian permukaan air oleh sensor digital ultrasonik sampai pada tiga desimal di belakang koma sesuai dengan batas ketelitian sensor digital ultrasonik (0,001 mm), sedangkan penulisan ketinggian permukaan air oleh jangka sorong hanya sampai pada dua desimal sesuai dengan batas ketelitian jangka sorong digital (0,01 mm). Hasil-hasil ukur ketinggian permukaan air oleh kedua alat ukur tersebut pada kedalaman 5 cm (Tabel 1) mengindikasikan bahwa terdapat dua konsistensi hasil ukur. Pertama, baik sensor digital ultrasonik yang diletakkan pada ujung kiri maupun ujung kanan selalu memberikan hasil ukur ketinggian permukaan air yang lebih besar daripada hasil ukur yang diberikan oleh jangka sorong digital. Kedua, baik sensor digital ultrasonik maupun jangka sorong digital bagian ujung kiri selalu memberikan hasil ukur ketinggian permukaan air yang lebih besar daripada hasil ukur yang diberikan oleh bagian ujung kanan.

Untuk lebih memberikan keyakinan terhadap sifat konsistensi hasil ukur ketinggian permukaan air baik oleh sensor digital ultrasonik SRF05 maupun jangka sorong digital, maka dilakukan percobaan sejenis pada variasi kedalaman yang berbeda, yaitu 10 cm dan 15 cm. Tabel 2 dan Tabel 3 berikut ini berisi hasil-hasil ukur ketinggian

permukaan air pada kedalaman 10 cm dan 15 cm. Semua pengukuran ketinggian permukaan air dilakukan dengan menggunakan sensor digital ultrasonik dan jangka sorong digital sebagai pembanding. Fokus perhatian adalah konsistensi hasil ukur yang ditunjukkan oleh sensor digital ultrasonik.

Tabel 2. pengukuran kedalaman 10 cm

No	Sensor Digital Ultrasonik SRF05		Jangka Sorong Digital	
	ujung kiri (mm)	ujung kanan (mm)	ujung kiri (mm)	ujung kanan (mm)
1	102,065	99,085	101,79	98,90
2	102,065	99,085	101,43	98,66
3	102,065	99,085	101,83	99,66
4	102,065	99,085	101,42	98,78
5	102,065	99,085	101,91	98,71

Table 3. pengukuran kedalaman 15 cm

No	Sensor Digital Ultrasonik SRF05		Jangka Sorong Digital	
	ujung kiri (mm)	ujung kanan (mm)	ujung kiri (mm)	ujung kanan (mm)
1	151,980	149,000	151,75	149,36
2	151,980	149,000	151,47	149,22
3	151,980	149,000	151,98	149,10
4	151,980	149,000	151,98	149,30
5	151,980	149,000	151,94	149,58

Hasil-hasil ukur ketinggian permukaan air dalam tangki percobaan pada kedalaman 10 cm (Tabel 2) dan kedalaman 15 cm (Tabel 3) juga memberikan konsistensi hasil ukur yang sama seperti pada percobaan dengan kedalaman 5 cm (Tabel 1). Konsistensi hasil-hasil ukur untuk beberapa kedalaman yang berbeda mengindikasikan bahwa sensor rancangan peneliti, yaitu sensor digital ultrasonik cukup handal digunakan sebagai sensor jarak yang mengukur jarak spasial antara dua titik tetap, atau antara satu titik tetap dan suatu permukaan, yaitu ketinggian permukaan air dalam tangki yang diukur dari dasar tangki.

Seperti telah dituliskan sebelumnya, fokus perhatian dalam penelitian ini adalah sifat konsistensi, akurasi dan presisi sensor digital ultrasonik sebagai sensor pengukur jarak spasial antara titik tetap (dasar tangki) dan permukaan air dalam tangki yang didefinisikan sebagai ketinggian permukaan air. Analisa rinci tentang sifat konsistensi, akurasi dan presisi sensor digital ultrasonik terkait dengan hasil-hasil ukur yang dihasilkan untuk semua percobaan akan diberikan pada bagian sesudah ini.

Konsistensi hasil-hasil ukur ketinggian permukaan air dapat dilihat dari semua data hasil ukur pada tiga kedalaman berbeda (Tabel 1 sampai Tabel 3). Berikut adalah rangkuman konsistensi tersebut di atas. Sensor digital ultrasonik selalu memberikan hasil ukur ketinggian permukaan air yang lebih besar daripada hasil ukur yang diberikan oleh jangka sorong digital. Selain itu, sensor digital ultrasonik selalu memberikan harga ketinggian permukaan air yang sama (tetap) untuk satu seri pengukuran tertentu. Hal ini sangat diharapkan dapat diberikan oleh satu alat ukur tertentu (sensor digital) dalam suatu pengukuran besaran fisis apapun.

Bagian ujung kiri sensor digital ultrasonik dan jangka sorong digital selalu memberikan hasil ukur ketinggian permukaan air yang lebih besar daripada hasil ukur yang diberikan oleh bagian ujung kanan. Berdasarkan semua data dalam Tabel 1 sampai Tabel 3 diperoleh temuan bahwa hasil ukur ketinggian permukaan air yang diberikan oleh kedua alat ukur (sensor digital ultrasonik dan jangka sorong digital) yang diletakkan pada ujung kiri tangki rata-rata 3 mm lebih besar daripada hasil ukur kedua alat yang sama yang diletakkan pada ujung kanan tangki. Temuan ini menunjukkan bahwa tangki percobaan gravity current tidak benar-benar horisontal, di mana ujung kiri tangki lebih rendah sekitar 3 mm daripada ujung kanan.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil-hasil pengukuran ketinggian permukaan air dengan menggunakan sensor digital ultrasonik SRF05 memberikan fakta bahwa sensor SRF05 konsisten dalam semua pengukuran seperti secara rinci dalam Tabel 1 sampai Tabel 3. Hasil-hasil ukur memberikan kecepatan rambat tak berdimensi *gravity current* sebesar  $0,45 \pm 0,02$ ; tidak berbeda dengan hasil-hasil penelitian terdahulu. Hasil-hasil ukur yang dilaporkan dalam Tabel 4.12 juga membuktikan bahwa perubahan volume total relatif terhadap volume awal hanya sebesar 0,3% yang berarti bahwa kekekalan volume (dan sekaligus massa) pada fluida inkompresibel berlaku dalam penelitian ini.

### Saran

Kesulitan utama dalam penelitian ini terletak pada sifat sensitif sensor digital ultrasonik. Sensitivitas yang tinggi mengharuskan pelaksanaan pengukuran dilakukan dengan mengontrol semua aspek yang terkait dengan pengukuran ketinggian permukaan air dalam tangki, termasuk sentuhan tangan pada meja percobaan atau gerakan kaki mahasiswa yang lewat dekat meja percobaan yang bisa mengganggu hasil ukur.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk Dra. Imam Suchahyo, M.Si dan Tjipto Prastowo, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang banyak memberikan ilmu dan pengalaman hidup untuk menjadi mahasiswa yang lebih baik. Ucapan terima kasih untuk Endah Rahmawati, S.T., M.Si dan Dzulkifli S.Si, M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam penelitian Tugas Akhir ini. Serta kepada kakak konsultan yang telah membantu dan memberi inspirasi dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budianto, W. E., Suchahyo, I., Prastowo, T. and Rahmawati, E. 2013. Perambatan gravity current dalam skala laboratorium sebagai pemodelan lahar dingin dan intrusi air laut. *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol.1, No.2, pp.64-68.
- Ain, T. N., Suchahyo, I., Prastowo, T., Rahmawati, E. 2013. Percobaan gravity current untuk meningkatkan pemahaman konsep tekanan hidrostatik dan dinamika gerak sistem dua fluida. Submitted to *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*.
- Garcia, T. G., Saldana-Gonzales, G., Cortez, J. I., Marin, C. N. L., and Santos, F. C., Hernandez, E. 2012. Embedded system applied to obstacles detection in a mobile controlled by a PC via RF. *International Journal of Science and Advanced Technology*, Vol.2, No.8, pp.14-18.
- Giancoli, D. C. 2009. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 4th ed. Pearson Prentice Hall. New Jersey, US.
- Gonzales, P., Burgard, P., Sanz, R., and Fernandez, J. L. 2009. Developing a low-cost autonomous indoor blimp. *Journal of Physical Agents*, Vol.3, No.1, pp.43-51.
- Parallax Inc, 2008. *Ping Ultrasonik Distance Sensor (#28015)*, Vol.1, No.5.
- Prastowo, T. 2009. On the nature of gravity currents. *Gn Jurnal Matematika dan Sains*, Vol.14, No.3, pp.76-80.
- Prastowo, T. 2008. *Waves and Optics. Lecture Notes*. pp.1-67. unpublished.
- Wardani, A. K., Suchahyo, I., Prastowo, T. dan Anggaryani, M. 2013. Tinjauan ulang materi ajar gerak lurus beraturan melalui percobaan gravity current dalam skala laboratorium. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, Vol.9, No.2.