

## SISTEM AKUISIS DATA KOMPUTER PADA SENSOR ULTRASONIC RANGER UNTUK PENGUKURAN LEVEL MUKA AIR

Suryono<sup>1\*</sup>, Bayu Surarso<sup>2</sup> dan Ragil Saputra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Lab. Instrumentasi dan Elektronika, Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro Semarang

<sup>2</sup>Lab. Matematika Terapan, Jurusan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang

<sup>3</sup>Lab. Komputer, Prodi Teknik Informatika, Fakultas Universitas Diponegoro Semarang

\*Korespondensi Penulis, Email: sur@fisika.undip.ac.id

### Abstract

This paper describes the method of ultrasound ranger development, data acquisition system and its characteristic than applied for automation water level distance measurement system using personal computer. This system is very important for recorded of water level data acquisition in long time so data communication at measurement system. The system consist of ultrasonic distance sensor, microcontroller for time-of-flight counter and serial interface, and computer system for data acquisition system. The microcontroller drive of sensor for generate of burst pulse. The 16-bit of counter of microcontroller was used for time-of-flight counter. Data was transmitted to computer twice at 8-bit of counter register. The microcontroller transmitted data at 9600 BPS using UART protocols and slave-master for serial communication system. The communication system was connected at voltage level communication RS232. The computer application of data acquisition system was connected at COM port using Cport pellete in Borland Delphi. The collected data calibrated using standard. The result of system characterization have high measurement stability system at 99,61%, range of measurement distance at 10 cm to 280 cm, linear correlation with standard measurement at  $R = 0,9999$ , so it good for more application.

**Keywords** : distance, pulse, counter, serial communication

### Abstrak

Makalah ini menjelaskan metode perancangan sensor ultrasonic ranger, sistem akuisisi data serta karakterisasinya yang diaplikasikan untuk pengukuran jarak level permukaan air secara otomatis menggunakan komputer. Sistem tersebut sangat bermanfaat untuk merekam level permukaan air dalam periode yang lama serta dapat dikembangkan untuk sistem komunikasi data pengukuran jarak jauh. Sistem akuisisi data sensor ultrasonik terdiri atas sensor jarak ultrasonik, mikrokontroler untuk pencacah dan antarmuka serial UART serta program aplikasi komputer untuk akuisisi data. Sensor ultrasonik dipicu oleh drive oleh mikrokontroler untuk menghasilkan pulsa. Mikrokontroler mencacah waktu penjarangan (time of flight) pulsa menggunakan counter 16 bit sejak dibangkitkan sensor, dipantulkan permukaan air hingga diterima oleh rangkaian penerima. Hasil pencacahan waktu dikirim secara bergantian masing-masing 8 bit ke komputer melalui protokol UART. Mikrokontroler mengirim data dengan kecepatan 9600 BPS serta komunikasi asinkron slave-master. Untuk menyamakan level tegangan antara mikrokontroler dan komputer dibuat rangkaian RS-232. Program sistem akuisi data pada komputer dihubungkan melalui port COM dengan menggunakan Cportlib pada program Borland Delphi. Dari pengujian yang dilakukan, sistem yang dibuat memiliki kestabilan pengukuran 99,61%, dapat bekerja dengan baik pada jarak antara 10 cm hingga 280 cm. Dari hasil karakterisasi diperoleh nilai koefisien korelasi linier antara peralatan standar dan hasil pengukuran sebesar  $R=0,9999$  sehingga alat ini baik untuk digunakan.

**Kata kunci** : jarak, pulsa, pencacah, komunikasi serial

## Pendahuluan

Pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik memiliki performansi yang sangat baik dimana sensor tersebut mampu mengukur dengan respon waktu yang sangat cepat, portabilitas tinggi dan dimensi kecil. Sensor tersebut tidak memerlukan pencatatan daya di lapangan yang besar. Oleh karena itu pembuatan sensor jarak menggunakan gelombang ultrasonik sangat strategis untuk digunakan. Gelombang ultrasonik telah dikembangkan untuk pengukuran kekasaran permukaan benda [1], serta metode pencitraan tomografi dengan cara melakukan irisan melintang pada obyek [2]. Pada saat ini sedang berkembang sistem tomografi gelombang ultrasonik untuk uji tak-merusak (*nondestructive test*) pada berbagai bahan. Metode ini berkembang karena murah dan tidak menimbulkan efek samping dari radiasi yang ditimbulkan.

Ultrasonik memiliki sensitivitas terhadap perubahan densitas suara dan berpotensi sebagai komponen pencitraan pada aliran oli, gas atau campuran air yang sering digunakan dalam industri. Teknik ultrasonik dapat digunakan untuk pencitraan komponen gas (untuk densitas besar) [3], kapasitif dapat digunakan untuk pencitraan komponen air (untuk perbedaan permitifitas besar), yang dibuat secara individu pada tabung oli, riser atau pipa. Selanjutnya implementasi tomografi ultrasonik pada medium gas fasa ke-2 telah dilakukan secara *real time* [4].

Gelombang ultrasonik dibangkitkan kristal piezoelektrik yang terbuat dari bahan alam kuarsa, garam rochelle atau tourmaline. Kristal tersebut digetarkan menggunakan rangkaian osilator. Frekuensi yang ditimbulkan tergantung pada osilatornya yang disesuaikan frekuensi kerja dari masing-masing transduser. Frekuensi yang dibangkitkan mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang

digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat [5].

Pada saat gelombang ultrasonik dipancarkan maka akan melaju pada medium dengan persamaan :

$$s = c.t \quad \dots (1)$$

Dimana  $s$  merupakan jarak yang ditempuh gelombang dan  $t$  adalah waktu tempuhnya. Indek  $c$  menunjukkan konstanta kecepatan gelombang yang berbeda pada setiap medium. Jika medium yang dilalui ternyata memiliki indek kecepatan yang berbeda, maka gelombang tersebut melalui dua impedansi medium gelombang yang berlainan pula sehingga akan memiliki faktor reflektifitas dan transmifitas. Pada saat mengenai obyek, gelombang ultrasonik mengalami refleksi, transmisi, dan absorpsi. Koefisien transmifitas ( $\alpha_t$ ) merupakan perbandingan intensitas gelombang yang diteruskan dengan intensitas gelombang yang datang pada dua medium dengan impedansi gelombang yang berlainan, secara matematis dituliskan [6] :

$$\alpha_t = \frac{4\rho_1c_1\rho_2c_2}{(\rho_2c_2 + \rho_1c_1)^2} \quad \dots (2)$$

Pada persamaan tersebut  $\rho_1$  menunjukkan rapat massa medium pertama yang dilalui dan  $c_1$  adalah kecepatan medium pertama tersebut, sedangkan  $\rho_2$  adalah rapat massa medium kedua yang dilalui dan  $c_2$  adalah kecepatan medium kedua.

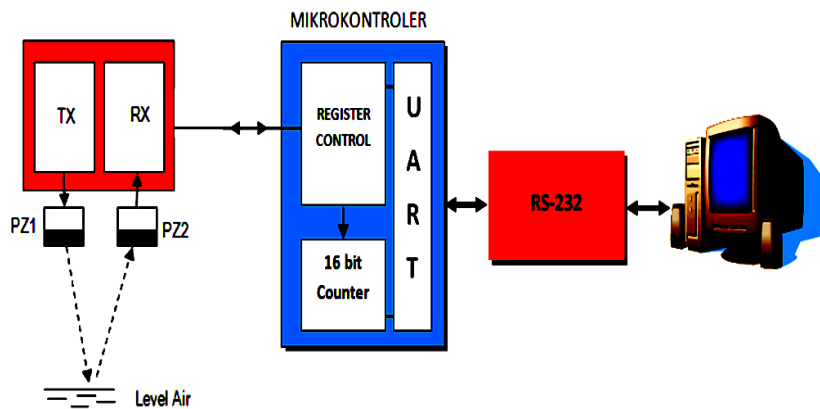
Koefisien reflektifitas ( $\alpha_r$ ) menyatakan jumlah perbandingan intensitas gelombang yang diteruskan dengan intensitas gelombang yang datang pada dua medium dengan impedansi gelombang yang berlainan, yang dirumuskan [6].

$$\alpha_r = \frac{(\rho_2 c_2 - \rho_{12} c_1)^2}{(\rho_2 c_2 + \rho_1 c_1)^2} \dots (3)$$

Pada posisi dari permukaan transduser sampai titik tertentu disebut medan dekat gelombang ultrasonik yang merupakan gelombang bidang datar. Oleh karena luas berkasnya tidak berubah maka disepanjang medan dekat intensitasnya tidak berubah.

**Metode Penelitian**

Realisasi sistem peralatan yang buat yaitu akuisisi level permukaan air



Gambar 1. Sistem akuisisi data level permukaan air menggunakan sensor ultrasonik

Mikrokontroler memecah nilai *time of flight (TOF)* dari perjalanan gelombang ultrasonik tersebut sesaat setelah terpicu hingga diterima kembali oleh PZ2. Nilai tersebut selanjutnya dikirim ke komputer melalui pemrograman antarmuka. Dengan mengalikan nilai *TOF* terhadap konstanta kecepatan gelombang ultrasonik di udara (diperoleh terlebih dahulu secara eksperimen) maka komputer dapat menghitung jarak level permukaan air.

Pada penelitian ini digunakan model antarmuka komputer serial COM1 yang menghubungkan prosesor dengan sensor ultrasonik melalui protokol UART. Protokol tersebut

menggunakan sensor gelombang ultrasonik diperlihatkan pada skema blok Gambar 1. Gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui kristal piezoelektrik (PZ1) pada frekuensi 40 KHz. Signal tersebut secara elektronik digerakkan oleh rangkaian osilator yang mengeluarkan signal *burst* sesaat setelah terpicu oleh mikrokontroler. Gelombang ultrasonik yang dibangkitkan diterima oleh kristal piezoelektrik penerima (PZ2) setelah mengalami proses pantulan (refleksi) dari permukaan air.

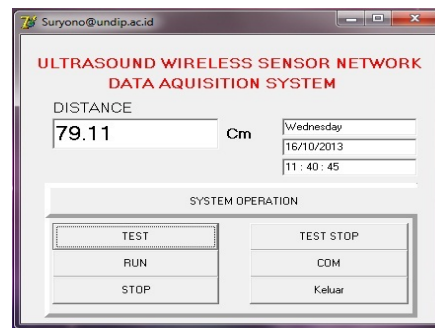
menggunakan level tegangan RS-232 untuk menjamin tidak turunnya tegangan data yang dikirim akibat panjang penghantar (kabel) yang digunakan serta menyesuaikan aturan pada komputer.

Format data yang digunakan adalah 1-8-1 yang menunjukkan format *start bit – data – stop bit*. Pada sistem mikrokontroler digunakan *counter* 16 bit, maka sistem tersebut dibuat untuk melakukan antarmuka data sebanyak 2 kali agar mendapatkan satu hasil TOF. Pada sistem komunikasi ini digunakan kecepatan pengiriman data (*baudrate*) 9600 BPS. Dengan sistem tersebut makan komunikasi data dapat dilakukan dalam orde milidetik.

Pada komputer dibuat program sistem komunikasi serial UART menggunakan pemrograman socket *comport* dengan bahasa pemrograman Borland Delphi. Pada sistem tersebut lebar data pencacah TOF adalah 16 bit, sedangkan sistem komunikasi UART yang digunakan memiliki lebar data 8 bit. Oleh karena itu data dibagi menjadi 2 byte dengan lebar masing-masing 8 bit dari data *TOF* yaitu menjadi TCNTL dan TCNTH. Masih-masing nilai disimpan pada register dan hasil akhirnya dijumlahkan sesuai bobot byte masing-masing.



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Perangkat sensor dan (b) aplikasi sistem akuisisi data yang dibuat

Pengujian sistem yang diperoleh meliputi pengujian kestabilan pengukuran, jangkauan sensor, serta kalibrasi sensor. Pengujian kestabilan sensor dalam mengukur level permukaan air dilakukan pada jarak tetap 100 cm. Pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 20 kali dan diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Sistem yang dibuat memiliki digit kestabilan pada orde milimeter (1 digit dari pengukuran pada orde cm). Dari nilai tersebut diperoleh nilai standar deviasi 0,0390. Dengan mengambil orde pengukuran cetimeter, maka dapat ditentukan kestabilan pengukuran sebesar 99,61% pada orde tersebut. Jika di kembalikan pada kontek pengukuran level permukaan air maka dapat dipilih orde yang sesuai. Misalnya pada pengukuran fluktuasi level banjir dan rob pada orde centimeter maka sistem tersebut sudah sangat cukup. Pada

sistem ini kontribusi ketidakstabilan dapat dikontribusikan dari berbagai faktor.

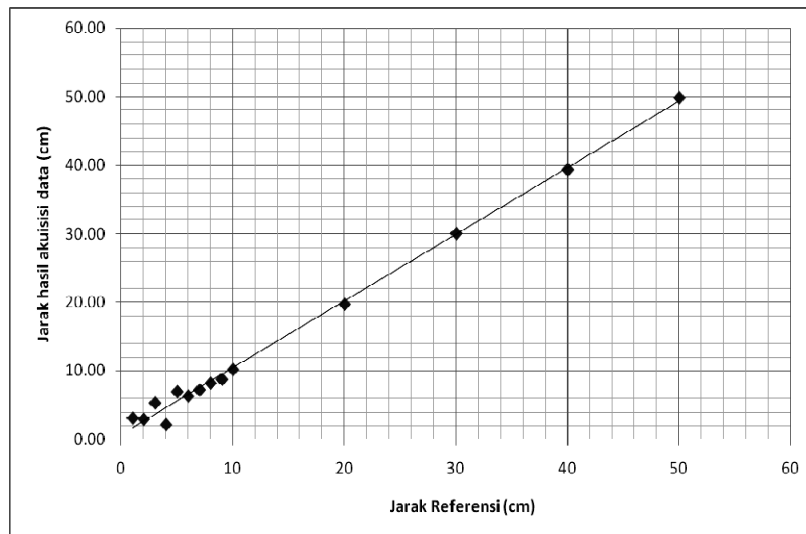
Tabel 1. Hasil pengujian pengukuran pada jarak tetap

Uji ke	Jarak (cm)	Uji ke	Jarak (cm)
1	100.01	11	100.06
2	100.07	12	100.03
3	100.04	13	100.12
4	100.02	14	100.02
5	100.11	15	100.04
6	100.10	16	100.13
7	100.10	17	100.04
8	100.07	18	100.02
9	100.03	19	100.02
10	100.01	20	100.07

Misalnya dari frekuensi kristal dari mikrokontroler yang digunakan, memiliki peran yang sangat penting terhadap nilai counter dari pencacahan TOF. Selain itu faktor gerakan

permukaan air yang tidak tenang dan kerataan permukaan dari sistem yang diukur juga memiliki kontribusi ketidakstabilan tersebut. Uji berikutnya adalah uji jangkauan sensor. Uji tersebut dilakukan untuk mengetahui jarak terdekat sistem sensor dapat mengukur

ketinggian level permukaan air hingga jarak terjauh sensor dapat mengukur level permukaan air. Gambar 3 merupakan grafik hasil pengujian untuk mengetahui jarak terdekat sistem dapat melakukan pengukuran.

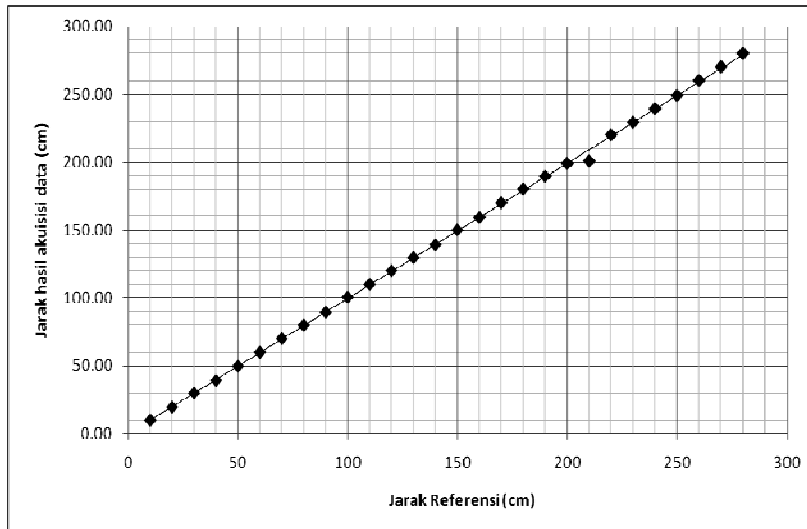


Gambar 3. Grafik pengujian daerah medan dekat *ultrasonic ranging*

Dari grafik tersebut dapat diketahui pada jarak 6 cm sistem belum mampu melakukan pengukuran jarak. Hal ini terlihat pada grafik memiliki nilai ketidakpastian yang besar terhadap hasil pengukuran yang diperoleh. Sedangkan pada jarak 6 cm hingga 10 cm sistem telah mampu mengukur jarak, tetapi masih memiliki nilai ralat yang relatif besar. Oleh karena itu dapat diketahui bahwa sensor level permukaan air tersebut dapat bekerja secara optimal mulai pada medan dekat 10 cm. Untuk mengetahui batasan jangkauan jari sensor maka dilakukan variasi jarak hingga 400 cm. Dari pengujian tersebut

dapat diketahui bahwa sensor dapat bekerja hingga 280 cm. Oleh karena itu rentang jarak pengukuran dari sistem sensor ini adalah 10 cm s.d 280 cm.

Sistem yang dibuat selanjutnya dilakukan kalibrasi dengan cara melakukan variasi jarak yang diukur menggunakan alat meter standar dan mencatat nilai level permukaan air yang diperoleh. Dari kalibrasi tersebut diperoleh nilai koefisien korelasi linier antara peralatan standar dan hasil pengukuran sebesar  $R=0,9999$  seperti ditunjukkan grafik Gambar 4, sehingga sistem ini baik untuk digunakan.



Gambar 4. Grafik hasil kalibrasi sensor ultrasonik untuk pengukuran level permukaan air pada rentang jarak 10 cm s.d 280 cm

### Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat diberikan kesimpulan bahwa sensor ultrasonik dengan frekuensi 40KHz dapat digunakan untuk mengukur level permukaan air. Sensor level permukaan air yang dihasilkan dapat dilakukan akuisisi data secara otomatis menggunakan komputer dengan menampilkan level ketinggian, hari, tanggal dan jam pengukuran. Dari pengujian yang dilakukan, sistem yang dibuat memiliki kestabilan pengukuran 99,61%, dapat berkerja dengan baik pada jarak antara 10 cm hingga 280 cm. Dari hasil karakterisasi diperoleh nilai koefisien korelasi linier antara peralatan standar dan hasil pengukuran sebesar  $R=0,9999$  sehingga alat ini layak untuk digunakan.

### Referensi

- [1] Suryono, Kusminarto, Suparta G.B., 2010, Estimation of Solid Material Surface Roughness Using Time-of-Flight Ultrasound Immerse Transducer, Journal of Materials Science and Engineering, USA, vol. 4 No.8, pp. 36-29.
- [2] Suryono, Kusminarto, Suparta G.B., 2011, Ultrasonic Computed Tomography System for Concrete Inspection, International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS, Vol: 11 No: 05, pp. 17-22.
- [3] Warsito, W. M., Ohkawa, N. K., Uchida, S., 1999, Cross-sectional distributions of gas and solid holdups in slurry bubble column investigated by ultrasonic computed tomography, Chem. Eng. Sci. 54 , p. 4711-4728.
- [4] Sukmana, D.D., and Ihara, I., 2006, Novel Noncontact Method for Characterizing Surface Profile by Air-Coupled Ultrasound Scattering, Advances in Technology of Materials and Materials Processing Journal, Volume 8 pages 248-255.
- [5] Fraden, Jacob 1996, *Handbook of Modern Sensors : Physics Designs, and Applications*, Thermoscan, Inc, California.
- [6] Cracknell, A.P, 1980, *Ultrasonics: Theory and Applications*, Wykeham Publication Ltd, London.