

Pengukuran Temperatur Gas Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ISP AT89S8252

Suryono¹ dan Mitra Djamal²

1). Lab. Instrumentasi dan Elektronika Jurusan Fisika FMIPA UNDIP Semarang

2). Lab. Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA ITB Bandung

Abstract

The gas temperature measurement system has been designed with ultrasonic wave. This method included in non destructive test because It's used of secure wave spectrum region and non-contact measurement system. The system is very important for industrial progress.

This research based on that ultrasonic wave velocity dependent on gas temperature. The Pulse wave velocity calculated by AT89S8252 as a pulses regulator and counter of time of flight since It's start pulsed until received. The system used 16 bits counter in TLO and TH0. The time of flight of pulses correlated with temperature by assembly program and displayed the result measurement.

The result of instrument design characterized by number of timer/counter with digital oscilloscope D300/100MHz. It is used standard thermometer Schott Gerate type OX1100 Germany for result temperature calibration. From graphic of characterization result that temperature have parabolic equation. It's used assembly program for give linear system by look-up table algorithm. The linear equation of instrument have $Y = 1,02 X - 0,66$ $R = 0,996$ where Y result variable and X is standard variable.

Abstrak

Sistem pengukuran temperatur gas telah dirancang dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Metode ini masih diyakini sebagai sistem uji tak merusak bahan karena tingkat radiasi gelombang yang aman dan tidak perlu menyentuh obyek yang diukur. Sistem ini memiliki peran strategis dalam kemajuan industri.

Penelitian didasarkan pada sifat bahwa kecepatan gelombang ultrasonik berubah terhadap temperatur gas yang dilalui. Maka dilakukan komputasi kecepatan dengan menggunakan Mikrokontroler ISP AT89S8252 sebagai pengatur dan pencacah perjalanan pulsa ultrasonik sejak ditembakkan melalui transduser pemancar, dipantulkan dan diterima kembali pada transduser penerima melalui timer 16 bit TH0 dan TLO. Waktu penjalaran pulsa yang memiliki kaitan dengan temperatur dikonversi secara software untuk menampilkan hasil pengukuran.

Karakterisasi instrumen dilakukan dengan cara membandingkan hasil pencacahan timer/counter TLO dan TH0 menggunakan osiloskop digital merk Leader D300/100MHz dengan cara menghitung delay time antara pulsa pada pemancar dan penerima. Sebagai kalibrator suhu digunakan termometer merk Schott Gerate tipe OX1100 Germany. Dari grafik yang diperoleh terlihat TOF tidak linier terhadap temperatur acuan dan membentuk grafik fungsi kuadrat. Untuk mendapatkan hasil pengukuran sesuai standard maka dilakukan linierisasi secara software pada mikrokontroler dari assembly MCS-51 dengan metoda look-up table dan didapatkan linieritas instrumen $Y = 1,02 X - 0,66$ $R = 0,996$ dengan Y variabel hasil dan X variable standard.

Pendahuluan

Penggunaan sumber gelombang ultrasonik pada pengujian maupun pengukuran suatu obyek, hingga saat ini masih digolongkan sebagai uji tak merusak (*Non Destructive Test -NDT*). Interaksi dari besaran gelombang (frekuensi, amplitudo, *time-of-flight*, kecepatan, fasa) dalam suatu medium, akan memberikan informasi penting yang berkaitan dengan sifat fisis dari medium. Sebagai contoh, *time-of-flight* yaitu waktu tempuh gelombang dalam medium yang dilalui, berkaitan erat dengan besaran fisika, antara lain : massa jenis, jarak, posisi, temperatur, porositas, modulus young, modulus geser, perbandingan poisson, modulus bulk, dan parameter lain yang penting untuk keperluan analisa medium yang bersangkutan.

Pada medium gas, *time-of-flight* gelombang ultrasonik dapat digunakan untuk menentukan besar kecepatan aliran gas (*gas flowmeter*), temperatur, tekanan gas, pengukuran jarak, analisator jenis gas dan masih banyak aplikasi lainnya. Instrumentasi ultrasonik yang berkaitan dengan besaran gas tersebut sangat diperlukan dalam industri maupun kehidupan sehari-hari sebagai alat ukur, pemantauan, detektor dan masih banyak lagi keperluan lainnya.

Penggunaan gelombang ultrasonik untuk pengukuran temperatur gas merupakan cara efektif dalam pengukuran yang melingkupi suatu area. Hal ini akan bermanfaat untuk keperluan sekuritas kebakaran suatu ruangan atau gedung. Pada aplikasi ultrasonik sebagai pengukur jarak banyak dimanfaatkan untuk detektor level, detektor kosong, detektor lewat, detektor putus, detektor tebal dan masih banyak aplikasi lainnya. Pada aplikasinya sebagai *analysator jenis gas* banyak dimanfaatkan untuk menentukan berbagai jenis gas pada industri kimia.

Dasar Teori

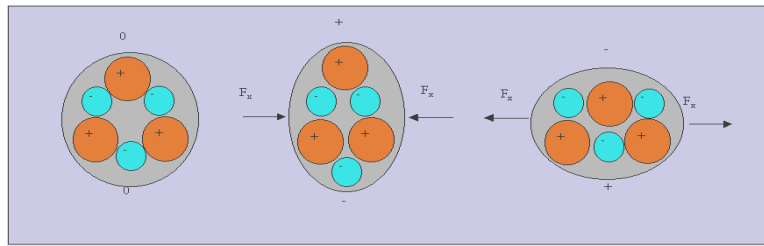
Sumber Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang tidak mampu didengar oleh telinga manusia. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung dari medium yang dilalui, mulai dari fasa gas, cair hingga padat. Hingga saat ini, batasan atas dari frekuensi gelombang ultrasonik belum bisa ditentukan secara pasti. Yang bisa diketahui adalah daerah-daerah kerja frekuensi yang dapat dipakai dalam berbagai macam penggunaan [1].

Secara umum aplikasi gelombang ultrasonik dilakukan dengan mengamati peristiwa selama penjalarnya dalam suatu medium, melakukan pengukuran karakteristik pada gelombang yang dipengaruhi oleh sifat-sifat medium atau melakukan analisis energi yang diradiasikan ke medium. Gelombang ultrasonik dapat digunakan dalam berbagai bidang, diantaranya : uji tak merusak, evaluasi tak merusak, industri, kedokteran dan instrumentasi [2].

Pada sistem elektronik, gelombang ultrasonik pada umumnya dibangkitkan melalui kristal tipis yang bersifat piezoelektrik yang dapat mengalami perubahan muatan jika diberikan tekanan. Sifat tersebut dimiliki suatu bahan secara alami, misalnya: kuarsa, garam *rochelle*, *tourmaline* atau bahan buatan, misalnya: *Barium Titanate*, *Lead Circonate-titanate*, *Lead Metaniobate*. Bahan tersebut bersifat seperti kapasitor dengan konstanta dielektrik tertentu yang memiliki perbedaan muatan listrik dalam lapisannya [3].

Tegangan keluaran dari sensor piezoelektrik dengan tebal d , sepanjang l dan luas a jika dikenai gaya F_x adalah [4] :

$$V = \frac{d_{11}}{C} F_x = \frac{d_{11} \cdot l}{\epsilon \epsilon_0 a} F_x \quad (1)$$



Gambar 1. Efek piezoelektrik pada kristal kuarsa.

Pada sensor tersebut dapat bekerja sebaliknya, yaitu mengubah energi listrik menjadi mekanik. Jika diberikan muatan di kedua permukaan kristal maka akan terjadi getaran sebesar gaya F_x . Maka sensor ultrasonik dapat juga digunakan sebagai pembangkit ultrasonik. Deformasi kristal piezo elektrik ditunjukkan gambar 1.

Sumber gelombang ultrasonik memiliki kecepatan c yang berbeda di setiap medium. Dalam medium fluida kecepatan gelombang longitudinal dirumuskan :

$$c = (B / \rho)^{1/2} \quad (2)$$

Besaran ρ adalah massa jenis fluida dan B merupakan modulus Bulk yang definisikan :

$$B = - \left[\frac{dp}{dV/V} \right]_{ad} = -V \left[\frac{dp}{dV} \right]_{ad} \quad (3)$$

Untuk menghitung modulus bulk adiabatik ditentukan terlebih dahulu nilai turunan $(dp/dV)_{ad}$ dengan menggunakan persamaan adiabetic. Dengan mengambil persamaan logaritma dari kedua ruas diperoleh:

$$\ln p + \gamma \ln v = \ln C \quad (4)$$

Kemudian diambil deferensial persamaan ini diperoleh :

$$\frac{dp}{p} = \gamma \frac{dV}{V} = 0 \quad (5)$$

maka diperoleh $\left[\frac{dp}{dV} \right]_{ad} = -\gamma \frac{p}{V}$ dan $B_{ad} = \gamma p$, sehingga diperoleh kecepatan gelombang bunyi adalah :

$$c = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}} \cdot p \quad (6)$$

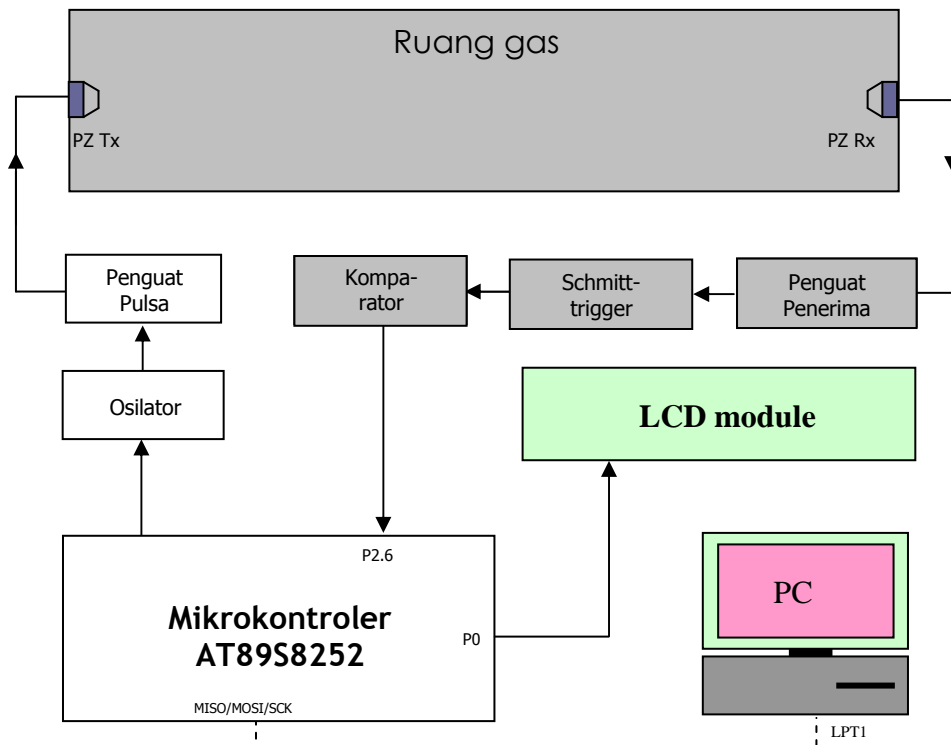
Pada gas idial berlaku $\frac{p}{\rho} = \frac{RT}{m}$, maka diperoleh persamaan kecepatan yang bergantung temperatur yaitu :

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{m}} \quad (7)$$

Indek γ adalah konstanta perbandingan spesifik dari kapasitas panas gas pada tekanan tetap, R adalah konstanta gas universal ($8.3144 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$), T adalah suhu gas yang dilalui gelombang ultrasonik dalam satuan Kelvin dan m massa molar molekul gas tersebut [5].

Metode Penelitian

Pada persamaan (7) dijelaskan, jika pengukuran *time-of-light* dilakukan pada medium gas yang tetap dan jarak lintasan juga tetap, misalnya udara dalam suatu ruangan dan jarak antara transduser pengirim dan transduser penerima dibuat tetap maka didapatkan kecepatan yang merupakan fungsi dari suhu. Maka didapatkan sebuah pengembangan instrumen ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur suhu gas dalam ruangan. Skema blok dari instrumen yang dibuat ditunjukkan gambar 2.



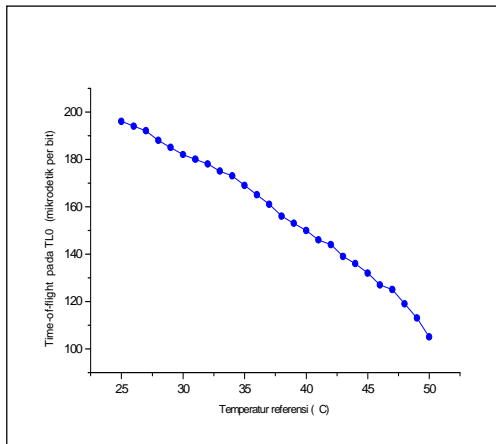
Gambar 2. Skema blok pencacah *time--flight* gelombang ultrasonik untuk pengukur temperatur gas.

Pada pengukuran suhu menggunakan gelombang ultrasonik memerlukan osilator pembangkit gelombang 40 KHz dengan IC NE555 sebagai multivibrator astabil untuk menggerakkan transduser piezoelektrik Pz Tx. Jumlah pulsa dikendalikan melalui monostabil multivibrator dari IC yang sama. Pengaktifan dari astabil dipicu melalui kaki P3.7 mikrokontroler sekaligus mengaktifkan *timer/counter*. Pulsa yang diterima pada Pz Rx dilakukan penguatan, komparasi dan dimasukkan ke rangkaian *schmitt-trigger* untuk mengaktifkan kaki P3.6 sebagai tanda pencacahan telah berakhir. Hasil pencacahan *Timer/counter* pada SFR TL0 dan TH0 yang didapatkan merupakan fungsi dari suhu. Untuk mengeluarkan hasil pengukuran dilakukan koputasi pada mikrokontroler.

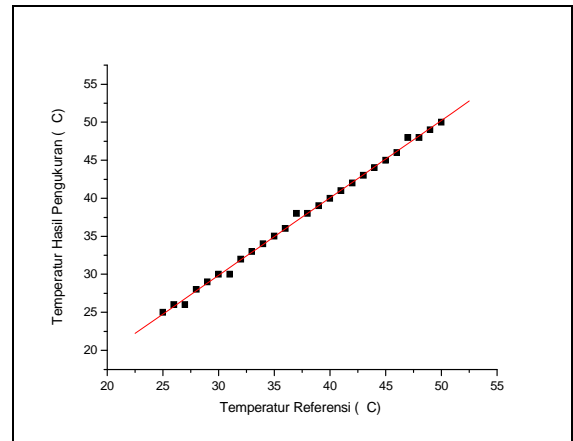
Hasil dan Pembahasan

Sebelum digunakan instrumen yang dibuat dilakukan beberapa kalibrasi. Kalibrasi *time-of-flight* dilakukan dengan cara membandingkan hasil pencacahan SFR timer/counter TL0 dan TH0 dengan digital osiloscope Merk *Leader D300/100MHz*.

Pengukuran dengan osiloskop dilakukan dengan cara menghitung *delay time* antara pulsa *transmitter dan receiver*. Mengingat waktunya sangat cepat maka digunakan tombol *storage dan hold* untuk menahan pulsa pada layar dan hasilnya dapat dibaca setelah kursor dipasas pada titik-titik yang diukur. Untuk mendapatkan kesesuaian harga maka dilakukan operasi kalibrasi secara *software* pada mikrokontroler. Sebagai kalibrator suhu digunakan alat ukur suhu (termometer) standar *Merk Schott Gerate tipe OX1100 Germany*. Hasil pencacahan *time-of-flight* yang dibandingkan dengan temperatur standar diperoleh grafik yang ditunjukkan gambar 3a. Pada grafik tersebut terlihat TOF tidak linier terhadap temperatur acuan dan membentuk grafik fungsi kuadrat. Untuk mendapatkan hasil pengukuran sesuai atandar maka dilakukan secara *software assembly MCS-51* dengan metoda *look-up table* dan didapatkan hasil pengukuran seperti ditunjukkan gambar 3b. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada studi tentang sensor ultrasonik yang diimplementasikan pada pembuatan pencacah *time-of-flight* untuk mendapatkan kecepatan pada medium gas berbasis mikrokontroler



(a)



(b)

Gambar 3. Hasil pencacahan TOF pada TL0 terhadap perubahan variasi suhu referensi (a) dan hasil setelah dilakukan metode *look-up table* terhadap referensi (b).

AT89S8252 dan diaplikasikan pengukuran temperatur diperoleh linieritas instrumen $Y = 1,02 X - 0,66$ dan memberikan resolusi pengukuran 1 digit $^{\circ}\text{C}$.

Daftar pustaka :

- [1]. Cracknell, A.P, 1980, *Ultrasonics: Theory and Applications*, Wyke-hamm Publication Ltd, London.
- [2]. Charlessworth J.P, & Temple JAG, 1979, *Engineering Applications*

of Ultrasonic Time-of-flight Diffraction, John Wiley & Sons Inc., New York

- [3]. McDicken, W.M, 1976, *Diagnostic Ultrasonics, Principles and uses of Instrument*, Willey and Sons, New York.
- [4]. Fraden, Jacob 1996, *Handbook of Modern Sensors : Physics Designs, and Applications*, Thermoscan, Inc, California.
- [5]. Zemansky M.W, Dittman Richard H, 1986, *Kalor dan Termodinamika (terjemahan)*, Penerbit ITB, Bandung.