

SENSOR ULTRASONIK SEBAGAI ALAT PENGUKUR KECEPATAN ALIRAN UDARA DALAM PIPA

ULTRASONIC SENSOR AS A MEASUREMENT DEVICE OF AIR FLOW VELOCITY IN THE PIPE

K.G. Suastika*, M. Nawir, P. Yunus

Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan P.MIPA FKIP Universitas Palangka Raya

Diterima: 10 Mei 2013. Disetujui: 01 Juni 2013. Dipublikasikan: Juli 2013

ABSTRAK

Era perkembangan teknologi saat ini telah banyak ditemukan alat-alat inovasi terbaru terutama pada penggunaan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang bunyi yang frekuensinya di atas 20.000 Hz dan biasanya digunakan dalam bidang kelautan (SONAR), kedokteran (USG) maupun dalam bidang industri. Penelitian yang dilakukan adalah penelitian tentang pengukuran kecepatan aliran udara dalam pipa menggunakan sensor ultrasonik dan gelombang ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini adalah gelombang ultrasonik yang memiliki frekuensi kerja sebesar 300 kHz. Prinsip pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode waktu tempuh gelombang ultrasonik (*time of flight*) dengan memanfaatkan perubahan karakteristik gelombang ultrasonik ketika melewati kondisi aliran udara yang berbeda yaitu *upstream* dan *downstream*. Selain itu, sebagai pembanding (tingkat akurasi) dalam penelitian ini digunakan alat pengukur kecepatan aliran udara standar yaitu *anemometer*. Dari hasil penelitian didapat bahwa tingkat akurasi sebesar 99% dan dengan korelasi sebesar 0,99 (korelasi sangat tinggi). Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor ultrasonik valid dan dapat digunakan sebagai perangkat pengukur kecepatan aliran udara dalam pipa.

ABSTRACT

The newest innovation instruments applying ultrasonic wave have been found in this technology era. Ultrasonic wave is the sound of wave is the sound wave having frequency above 20.000 Hz and is usually used in oceanic field (SONAR), medical (USG) and industrial fields. This research measured the air velocity in pipe by using ultrasonic sensor. The ultrasonic wave used was the one which has frequency of 300 kHz. The Principle of measurement applied the method of elapsed time of ultrasonic wave (*time of flight*) by considering the change of ultrasonic wave when passing different air flow condition: *upstream* and *downstream*. Besides, the *anemometer* was used as the accuracy comparator. The result showed that accuracy was 99% and the correlation was 0.99 (very high correlation). It was concluded that the ultrasonic sensor was valid and can be used as measuring instrument of air flow velocity in pipe.

© 2013 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

Keywords: Ultrasonic sensor; air velocity; anemometer

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari manusia tidak dapat lepas dari alat-alat teknologi yang pada setiap waktu teknologi-teknologi tersebut terus berkembang, serta umat manusia ditun-

tut untuk mengembangkan dan mengikuti perkembangan teknologi tersebut (Ananto, 2009). Era perkembangan teknologi saat ini telah banyak ditemukan alat-alat inovasi terbaru terutama pada penggunaan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang bunyi yang frekuensinya di atas 20.000 Hz dan biasanya digunakan dalam bidang kelautan (SONAR), kedokteran (USG) maupun dalam

*Alamat Korespondensi:
Jl. Yos Sudarso, Kampus Unpar Tunjung Nyaho
Palangka Raya 73112
E-mail: suastika358@yahoo.com

bidang industri (Yunitasari, 2009). Menurut Espinoza (2010), Sensor ultrasonik adalah temuan penting dalam bidang industri dan aplikasi ilmiah dalam pengukuran kecepatan fluida khususnya kecepatan angin atau udara. Selain itu, menurut Tenoudji (2004), sensor ultrasonik dapat digunakan sebagai aplikasi tomografi (pencitraan) visual suatu aliran udara. Sedangkan kegunaan lain dari sensor ultrasonik menurut Hasbullah (2009) adalah sensor ultrasonik juga dapat digunakan sebagai pendugaan serangan alat buah pada manga arumanis.

Gelombang bunyi merupakan getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Halliday, Resnick, 1998), Sedangkan menurut Novianta (2010), gelombang bunyi timbul dari terjadinya perubahan mekanik terhadap gas, zat cair atau padat yang merambat dengan nilai kecepatan tertentu. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Berdasarkan pernyataan tersebut, seperti yang diungkap Voleisiene (2008) dalam penelitiannya, kecepatan ultrasonik memiliki nilai yang berbeda jika melalui medium yang berbeda juga seperti medium cair.

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian tentang pengukuran kecepatan aliran udara dalam pipa menggunakan sensor ultrasonik. Penelitian ini adalah merupakan penelitian lanjutan dari hasil pengembangan sistem pencitraan dengan transmisi gelombang ultrasonik untuk laboratorium (Suastika, 2012). Prinsip pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode waktu tempuh gelombang ultrasonik (*time of flight*) dengan memanfaatkan perubahan karakteristik gelombang ultrasonik ketika melewati kondisi aliran udara yang berbeda yaitu *upstream* dan *downstream*. Gelombang ultrasonik yang digunakan pada penelitian ini adalah gelombang ultrasonik yang memiliki frekuensi kerja sebesar 300 kHz. Penentuan besarnya nilai waktu tempuh pada penelitian ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode kecepatan relatif gelombang ultrasonik terhadap medium. Menurut Aditya (2012), komponen kecepatan aliran udara di setiap titik di dalam pipa hampir memiliki besar dan arah yang sama (*laminar*) sehingga penentuan besarnya nilai waktu tempuh gelombang ultrasonik dapat dilakukan dengan menggunakan metode kecepatan relatif. Penggunaan metode kecepatan relatif tidak akan menghasilkan nilai kecepatan aliran

pada suatu titik melainkan akan diperoleh nilai kecepatan rata-rata aliran fluida. Selain itu, sebagai pembanding dalam penelitian ini, digunakan suatu alat pengukur kecepatan aliran udara yang standar yaitu *Anemometer*, dimana *Anemometer* yang digunakan bertujuan untuk mengukur kecepatan maksimal aliran udara tersebut. *Anemometer* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Anemometer* dengan merk ALNOR dan tipe CF8570M.

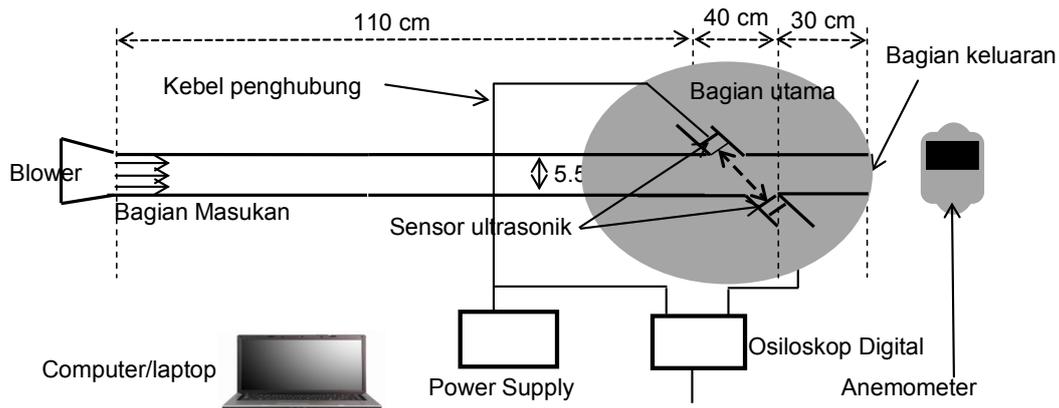
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana prinsip kerja pengukuran kecepatan aliran udara dalam pipa menggunakan sensor ultrasonik dan juga menganalisis seberapa besar nilai akurasi maupun korelasi pengukuran kecepatan aliran udara menggunakan sensor ultrasonik jika dibandingkan dengan pengukuran kecepatan menggunakan *anemometer*. Selain tujuan tersebut, manfaat penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu perangkat laboratorium pada kegiatan percobaan mata kuliah Fisika Dasar di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Palangka Raya.

METODE

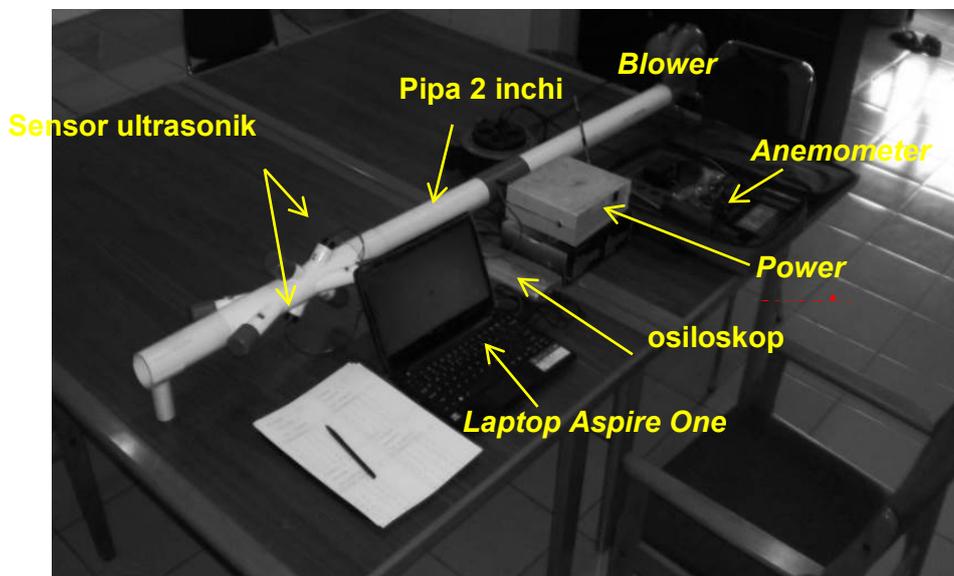
Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Palangka Raya dan dilakukan selama dua bulan yaitu dari bulan April hingga Mei 2013. Perangkat-perangkat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Gambar 1 merupakan skema perancangan perangkat penelitian dan Gambar 2 menggambarkan susunan perangkat penelitian. Pertama-tama sinyal listrik disuplai oleh generator sinyal (*power supply*) ke sensor ultrasonik (*transmitter*). Sensor ultrasonik merubah sinyal listrik menjadi sinyal gelombang ultrasonik dimana gelombang ini ditembakkan ke dalam pipa yang sudah dialiri aliran udara yang akan diukur kecepatannya (bagian utama). Bagian utama pada susunan alat ini adalah bagian yang dibuat atau dimodifikasi oleh peneliti sebagai tempat pemasangan sensor ultrasonik (Gambar 3). Setelah sinyal ditembakkan oleh *transmitter*, sinyal tersebut akan ditangkap kembali oleh sensor ultrasonik (*receiver*) dan merubah kembali sinyal tersebut ke dalam sinyal listrik. Sinyal yang ditangkap oleh *receiver* ini masuk ke dalam osiloskop digital dan terekam besar waktu tempuh gelombang (*time of flight*) dari *transmitter* ke *receiver*. Osiloskop



Gambar 1. Skema perancangan perangkat penelitian



Gambar 2. Susunan perangkat penelitian

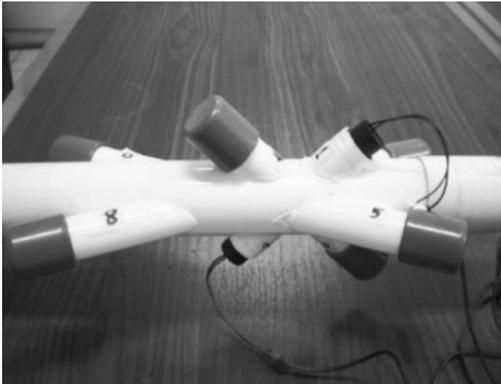
digital yang sudah terkoneksi dengan komputer tersebut menampilkan besar waktu tempuh gelombang (*time of flight*) yang sudah terukur.

Langkah Kerja

Pada penelitian ini terdapat beberapa langkah atau proses pengambilan data penelitian, berikut proses pengambilan data tersebut.

1. Merancang alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.
2. Memposisikan variasi kecepatan yang pertama pada *blower*.
3. Memasang kedua sensor pada lubang 1 dan 2 secara *upstream*.
4. Meletakkan *anemometer* pada ujung pipa untuk mengukur kecepatan angin yang keluar, serta menghidupkan *anemometer* tersebut.
5. Menghidupkan *blower*.
6. Mencatat besar kecepatan angin yang terukur oleh *anemometer*.
7. Mematikan *anemometer*.
8. Menghidupkan *power supply*.
9. Mencatat berapa besar waktu (*time of flight*) gelombang pada osiloskop yang sudah terekam di komputer.
10. Mematikan *power supply*.
11. Mengganti posisi kedua sensor secara *downstream*.
12. Menghidupkan *power supply*.
13. Mencatat berapa besar waktu (*time of flight*) gelombang pada osiloskop yang sudah terekam di komputer.
14. Mematikan *power supply*.
15. Mematikan *blower*.
16. Mengulangi langkah 2) hingga langkah 15) untuk variasi kecepatan yang berbeda (dalam eksperimen ini sebanyak 10 variasi

- kecepatan).
17. Mengulangi langkah 3) hingga 16) dengan mengganti posisi kedua sensor ke lubang 3 dan 4.
 18. Mengulangi langkah 3) hingga 16) dengan mengganti posisi kedua sensor ke lubang 5 dan 6.
 19. Mengulangi langkah 3) hingga 16) dengan mengganti posisi kedua sensor ke lubang 7 dan 8.

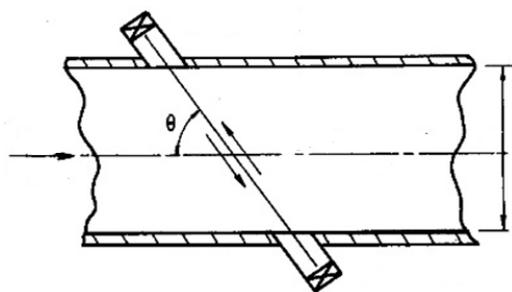


Gambar 3. Pemasangan kedua sensor pada lubang 1 dan 2 secara *upstream* pada bagian utama

Teknik Analisis Data

Persamaan Kecepatan Aliran Udara

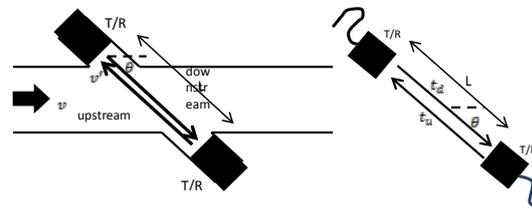
Berdasarkan pengukuran kecepatan aliran udara dengan menggunakan gelombang ultrasonik, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode waktu tempuh (*time of flight*) dengan tipe transduser tertanam.



Gambar 4. Perangkat Pengukuran Kecepatan dengan Menggunakan Metode Waktu Tempuh Gelombang Ultrasonik

Pengukuran waktu tempuh gelombang (*time of flight*) dapat dilakukan secara *upstream* yaitu posisi pemancar gelombang (*transmitter*) berada di posisi bawah dan penerima gelombang (*receiver*) berada di atas, selain itu pengukuran dilakukan juga secara *downstream* yaitu posisi pemancar gelombang (*transmitter*)

berada di posisi atas dan penerima gelombang (*receiver*) berada di bawah. Dengan konsep Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan vektor sederhana, didapat persamaan kecepatan aliran udara (Halliday, Resnick, 1998) yang hendak diukur sebagai berikut.



Gambar 5. Perangkat pengukuran data

Dengan konsep GLB dan vektor sederhana, didapat bahwa:

Keadaan *upstream*:

$$L = (v' - v \cos \theta) t_u$$

$$t_u = \frac{L}{v' - v \cos \theta}$$

Keadaan *downstream*:

$$L = (v' + v \cos \theta) t_d$$

$$t_d = \frac{L}{v' + v \cos \theta}$$

$$\frac{1}{t_d} - \frac{1}{t_u} = \frac{1}{\frac{L}{v' + v \cos \theta}} - \frac{1}{\frac{L}{v' - v \cos \theta}}$$

$$\frac{t_u - t_d}{t_u t_d} = \frac{2v \cos \theta}{L}$$

$$v = \frac{L(t_u - t_d)}{2t_u t_d \cos \theta} \tag{1}$$

Keterangan :

L : jarak *transmitter* dan *receiver* (m)

v : kecepatan aliran udara (m/s)

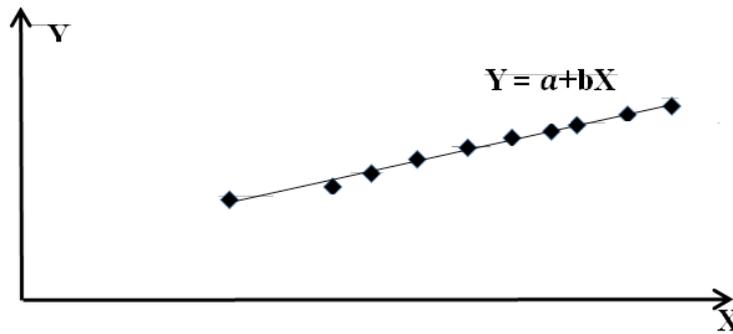
t_d : waktu tempuh saat pada posisi *downstream* (s)

t_u : waktu tempuh saat pada posisi *upstream* (s)

θ : sudut kemiringan yang dibentuk oleh *transmitter* dan *receiver*

Analisis Regresi Linier

Analisis regresi bertujuan untuk mencari hubungan antara beberapa variabel ke dalam sebuah grafik dan persamaan matematis. Dalam penelitian ini terdapat dua buah variabel yang hendak dicari hubungannya, yaitu variabel X (kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik) dan variabel Y (ke-



Gambar 5. Karakteristik diagram pencar dan melukiskan hubungan 2 variabel X dan Y dengan persamaan regresi linier

cepatan aliran udara yang terukur oleh *anemometer*). Persamaan untuk mencari persamaan regresi linier antardua variabel tersebut adalah sebagai berikut (Sudjana, 2005).

$$\bar{Y} = a + b\bar{X} \quad (2)$$

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{n \sum Y_{Ui} Y_{Ai} - (\sum Y_{Ui})(\sum Y_{Ai})}{n \sum Y_{Ui}^2 - (\sum Y_{Ui})^2} \quad (4)$$

Keterangan:

\bar{X} : rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik

\bar{Y} : rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh *anemometer*

X_i : nilai kecepatan aliran udara ke-i yang terukur oleh gelombang ultrasonik

Y_i : nilai kecepatan aliran udara ke-i yang terukur oleh *anemometer*

n : jumlah data (banyaknya data)

a : konstanta

b : koefisien dari variable

Korelasi dalam regresi Linier

Koefisien Korelasi (r)

Koefisien korelasi adalah ukuran yang dipakai untuk mengetahui derajat hubungan antardua variabel. Persamaan untuk mencari derajat hubungan atau koefisien korelasi adalah sebagai berikut (Sudjana, 2005).

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}}$$

(5)

Dengan r adalah koefisien korelasi

Berdasarkan kriteria besarnya korelasi

menurut Guilford (Sudjana, 2005), yaitu:

$r < 0,20$: tidak ada korelasi

$0,20 \leq r < 0,40$: korelasi rendah

$0,40 \leq r < 0,70$: korelasi sedang

$0,70 \leq r < 0,90$: korelasi tinggi

$0,90 \leq r < 1,00$: korelasi sangat tinggi

$r=1,00$: korelasi sempurna

Koefisien Determinasi (r^2)

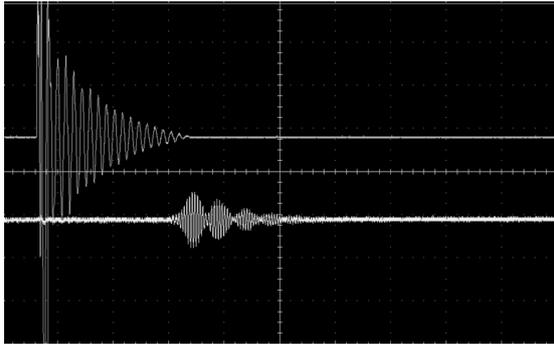
Koefisien determinasi dinamakan juga dengan koefisien penentu, karena 100 r^2 % daripada variasi yang terjadi dalam variabel takbebas Y dapat dijelaskan oleh variabel bebas X dengan adanya regresi linier Y atas X. Rentang nilai yang dapat ditunjukkan oleh koefisien determinasi adalah $0 \leq r^2 \leq 1$ Persamaan untuk mencari derajat hubungan atau koefisien determinasi adalah sebagai berikut (Sudjana, 2005).

$$r^2 = \frac{n \{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)\}}{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2} \quad (6)$$

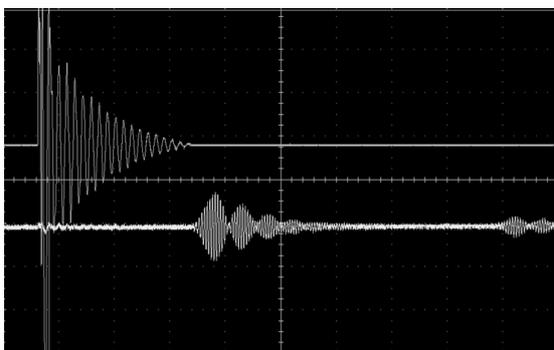
Dengan r^2 adalah koefisien determinasi atau koefisien penentu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran secara umum data waktu yang didapat dari hasil pengukuran



Gambar 6. Data waktu yang terukur oleh osiloskop digital yang tergambar di komputer saat posisi sensor secara *downstream*.



Gambar 7. Data waktu yang terukur oleh osiloskop digital yang tergambar di komputer saat posisi sensor secara *upstream*.

Secara umum kecepatan perambatan radiasi gelombang elektromagnetik sebesar 3×10^8 , akan tetapi kecepatan perambatan gelombang ultrasonic tergantung dari dua faktor media yang dilaluinya yaitu kerapatan media dan tekanan media (Novianta, 2010). Berdasarkan dua gambar dari hasil pengukuran pada Gambar 6 dan Gambar 7, secara kualitatif dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan gelombang untuk mencapai *receiver* pada posisi *upstream* (Gambar 6) lebih lama, terbukti dengan selang waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk mencapai *receiver* pada posisi *downstream* (Gambar 7) dan melalui kedua gambar tersebut nampak bahwa terjadi pergeseran gelombang. Posisi horizontal menunjukkan variabel waktu yang ditempuh oleh gelombang ultrasonik, sedangkan posisi vertikal menunjukkan variabel amplitudo gelombang.

Berdasarkan data waktu yang diperoleh dari hasil percobaan, maka dengan memasukkan nilai tersebut ke dalam persamaan (1), maka didapatlah data-data kecepatan aliran udara di tiap masing-masing pasangan pipa

(tempat dudukan sensor). Dari hasil tersebut, langkah selanjutnya adalah dengan menganalisis persamaan regresi, koefisien korelasi maupun koefisien determinasi.

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan hubungan antar dua buah hasil kecepatan yang terukur oleh dua alat yang berbeda. Berdasarkan hasil tersebut besar koefisien korelasi yang didapat adalah 0,96 yang artinya kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sangat tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi yang didapat sebesar 93% dengan kata lain besar atau kecilnya kecepatan yang terukur 93% dapat dijelaskan oleh hubungan linier pada persamaan di bawah, sedangkan sisanya ditentukan oleh keadaan lain.

Persamaan linier kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan *anemometer*.

$$Y = 1,63X + 1,80$$

Keterangan:

Y: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh *anemometer*

X: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik

Grafik pada Gambar 9 menunjukkan hubungan antardua buah hasil kecepatan yang terukur oleh dua alat yang berbeda. Berdasarkan hasil tersebut besar koefisien korelasi yang didapat adalah 0,98 yang artinya kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sangat tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi yang didapat sebesar 96% dengan kata lain besar atau kecilnya kecepatan yang terukur 96% dapat dijelaskan oleh hubungan linier pada persamaan di bawah, sedangkan sisanya ditentukan oleh keadaan lain.

Persamaan linier kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan *anemometer*.

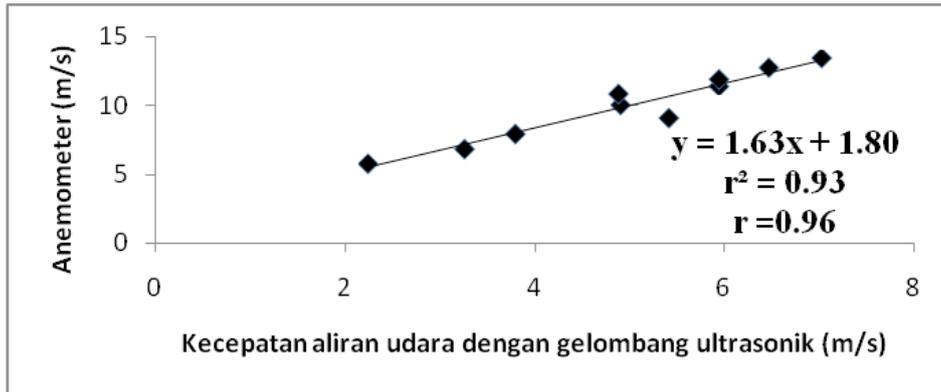
$$Y = 1,46X + 2,25$$

Keterangan:

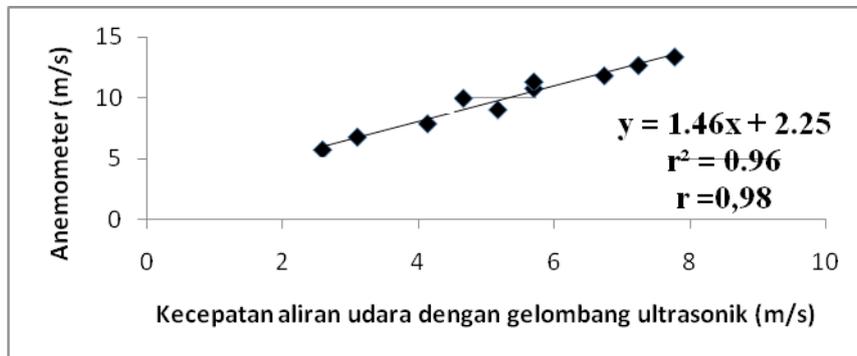
Y: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh *anemometer*

X: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik

Grafik pada Gambar 10 menunjukkan hubungan antar dua buah hasil kecepatan yang terukur oleh dua alat yang berbeda. Berdasarkan hasil tersebut besar koefisien ko-



Gambar 8. Grafik hubungan kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan anemometer



Gambar 9. Grafik hubungan kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan relasi yang didapat adalah 0,99 yang artinya sangat tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sangat tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi yang didapat sebesar 98% dengan kata lain besar atau kecilnya kecepatan yang terukur 98% dapat dijelaskan oleh hubungan linier pada persamaan di bawah, sedangkan sisanya ditentukan oleh keadaan lain.

Persamaan linier kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan anemometer.

$$Y = 0,82X + 2,53$$

Keterangan:

Y: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh anemometer

X: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik

Grafik pada Gambar 11 menunjukkan hubungan antardua buah hasil kecepatan yang terukur oleh dua alat yang berbeda. Berdasarkan hasil tersebut besar koefisien korelasi yang didapat adalah 0,99 yang artinya kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sa-

ngat tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi yang didapat sebesar 97% dengan kata lain besar atau kecilnya kecepatan yang terukur 97,27% dapat dijelaskan oleh hubungan linier pada persamaan di bawah, sedangkan sisanya ditentukan oleh keadaan lain.

Persamaan linier kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan anemometer.

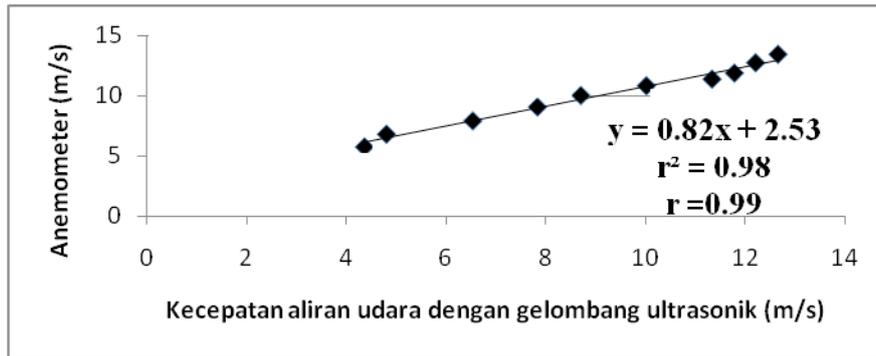
$$Y = 0,83X + 1,38$$

Keterangan:

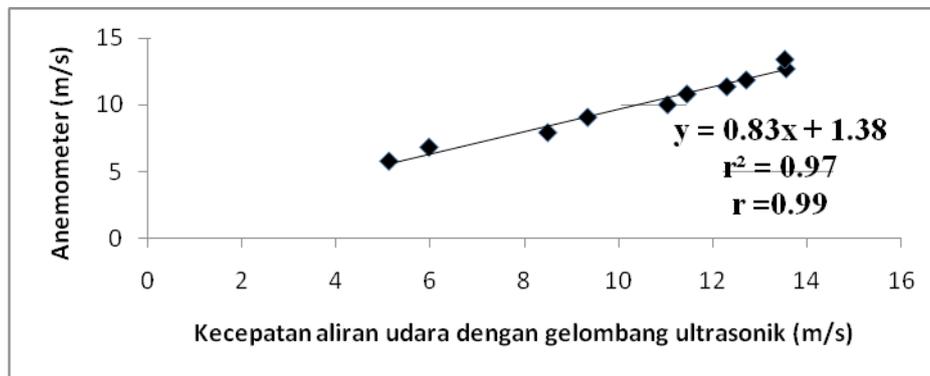
Y: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh anemometer

X: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik

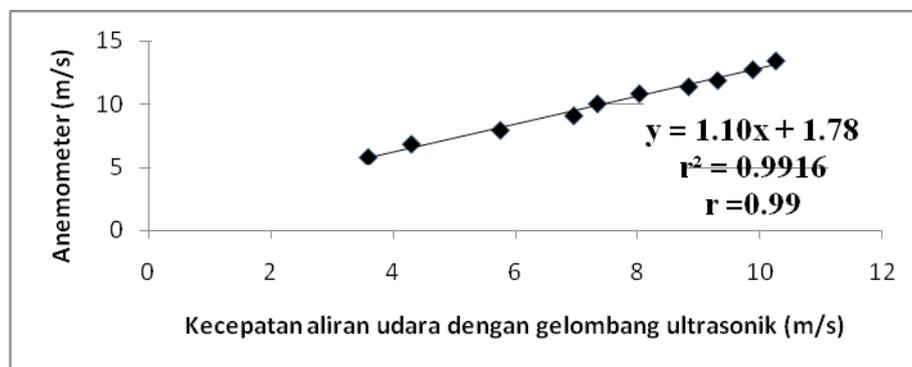
Grafik pada Gambar 12 menunjukkan hubungan antara kecepatan yang diukur dengan gelombang ultrasonik yang sudah dirata-ratakan nilainya dari setiap percobaan pada masing-masing nomor pipa dengan kecepatan aliran udara yang terukur oleh anemometer. Berdasarkan hasil tersebut besar koefisien korelasi yang didapat adalah 0,99 yang artinya



Gambar 10. Grafik hubungan kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan *anemometer*



Gambar 11. Grafik hubungan kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan *anemometer*



Gambar 12. Grafik hubungan kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan *anemometer*

kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sangat tinggi. Selain itu, nilai koefisien determinasi yang didapat sebesar 99% dengan kata lain besar atau kecilnya kecepatan yang terukur 99% dapat dijelaskan oleh hubungan linier pada persamaan di bawah, sedangkan sisanya ditentukan oleh keadaan lain.

Persamaan linier kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik dan *anemometer*.

$$Y = 1,10X + 1,78$$

Keterangan:

Y: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh *anemometer*

X: rata-rata nilai kecepatan aliran udara yang terukur oleh gelombang ultrasonik

Suatu perangkat pengukur kecepatan aliran udara idealnya memiliki *error* kurang dari 6% (Jakevicus, 2005). *Ultrasonic flow meters*

adalah piranti yang sangat baik dalam pengukuran aliran udara di dalam pipa, selain dapat mengukur aliran udara atau gas, gelombang ultrasonik juga dapat digunakan untuk pengukuran aliran cairan (Santhos, 2012). Hasil dari penelitian ini, menunjukkan *error* hanya 1% dari anemometer. Artinya, data kecepatan aliran udara yang diukur dengan gelombang ultrasonik dapat menunjukkan hasil yang hampir menyerupai data sebenarnya dengan *anemometer*. Dengan kata lain bahwa sensor ultrasonik dalam perangkat penelitian ini dapat digunakan untuk mengukur aliran udara di dalam pipa.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Prinsip kerja sensor ultrasonik sebagai alat pengukur kecepatan aliran udara dalam pipa adalah menggunakan metode waktu tempuh gelombang ultrasonik (*time of flight*) dengan tipe sensor tertanam dan memanfaatkan perubahan karakteristik gelombang ultrasonik ketika melewati kondisi aliran udara yang berbeda yaitu *upstream* dan *downstream*. Artinya metode tersebut memanfaatkan besar perubahan waktu tempuh gelombang ultrasonik (*time of flight*) saat sensor ultrasonik diletakkan pada posisi *upstream* maupun *downstream*.
2. Nilai akurasi kecepatan aliran udara dalam pipa menggunakan gelombang ultrasonik yang didapat dari hasil penelitian adalah sebesar 99% jika dibandingkan dengan *anemometer* serta nilai korelasi sebesar 0,99 yang artinya kedua variabel tersebut memiliki korelasi yang sangat tinggi. Berdasarkan nilai akurasi yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa perangkat sensor ultrasonik ini valid atau bisa digunakan sebagai pengukur kecepatan aliran udara dalam pipa.

Saran

Berikut adalah beberapa saran serta pengembangan yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya.

1. Disarankan agar dapat lebih teliti dalam membaca besar waktu tempuh gelombang (*time of flight*) yang terbaca oleh osiloskop dimana sudah ditampilkan ke komputer.
2. Memeriksa kembali pengatur besar tegangan *output* dari *power supply* ke osiloskop digital dengan menggabungkan dua buah kabel konektor yang masing-masing memi-

liki pelemahan amplitudo sebesar 10 kali. Hal ini harus dilakukan karena signal *output* dari *power supply* sebesar 450 volt, sedangkan signal *input* maksimum yang bisa masuk ke dalam osiloskop digital hanya sebesar 35 volt saja. Jadi signal output dari *power supply* harus dilemahkan sebanyak 10 kali pelemahan, sehingga signal yang masuk ke osiloskop digital menjadi 4,5 volt saja dan proses pengambilan data dapat berjalan dengan baik dan tidak merusak osiloskop digital tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A. P. 2012. *Pengaruh Aliran Vortex pada Pengukuran Kecepatan Aliran Udara dengan Flowmeter Ultrasonik*. Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ananto, Bayu. 2009. *Simulasi Perambatan Cahaya pada Serat Optik*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Espinoza, E. M., Villanueva, J. M. M., and Cavalcanti, S. Y.C. 2010. Wind Speed Measurement and Uncertainty Analysis Using Ultrasonic Sensors with Kalman Filtering. *IEEE*, Ed. Mei 2010.
- Halliday & Resnick. 1998. *Fisika Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hasbullah, R., Rachmat, R., Setyabudi, D. A., Warji. 2009. Aplikasi Ultrasonik untuk Pendugaan Kerusakan Serangan Lalat Buah pada Mangga Arumanis. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, Vol. 5, Ed. 2009.
- Jakevicius, L., Butkus, J., Janusas, V., Ilgarubis, V. 2005. The influence of flattened flow profiles to the airflow velocity measurement by ultrasound. *ULTRAGARSAS*, 4(57): 18-21.
- Novianta, M. A.. 2010. Alat ukur Kecepatan Fluida dengan Efek Doppler Menggunakan Mikrokontroler at89s5. *Jurnal Teknologi*, 3 (1):1-9.
- Santhos, K.V. & Roy, B.K. 2012. An Intelligent Flow Measurement Technique using Ultrasonic Flow Meter with Optimized Neural Network. *International Journal of Control and Automation*,5(4): 185-195.
- Suastika, K. G. 2012. *Pengembangan Sistem Pencitraan dengan Transmisi Gelombang Ultrasonik untuk Laboratorium*. Laporan penelitian tidak dipublikasi. Palangkaraya: Lembaga Penelitian, Universitas Palangka Raya.
- Sudjana. 2005. *Metoda Statistika*. Bandung: TAR-SITO.
- Tenoudji, F. C., Dewailly V., Mourey J. F., Frangi J. P., and Theron G. 2004. Ultrasonic Tomography Application to the Visualization of Air Flow. *IEEE Ultrasonics Symposium*, Ed. April 2004.
- Voleisiene, B. 2008. Ultrasound Velocity Measurements in Liquid *Media*. *ISSN*. 63 (4), Ed.

2008.
Yunitasari, Dwi. 2009. *Karakterisasi Atenuasi Ultrasonik Terhadap Variasi Tebal Bahan (Cairan)*

Menggunakan Transduser Ultrasonik Jenis Immersion Transducer. Makalah tidak dipublikasikan. Malang: Institut Teknologi Malang.