
Indonesian Physical Review

Volume 4 Issue 1, January 2021

P-ISSN: 2615-1278, E-ISSN: 2615-7904

Pengukuran Laju Aliran Udara dalam Pipa secara Simultan dengan Transduser Ganda Ultrasonik

Lalu Febrian Wiranata¹

¹ Program Studi Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali, Indonesia.

E-mail: rian.nata@pnb.ac.id

INFO ARTIKEL

Article History:

Received: 28-01-2021

Revised: 02-02-2021

Accepted: 11-02-2021

Kata Kunci:

flowmeter ultrasonik ganda; metode waktu tempuh simultan; lintasan tunggal; simulasi sistem elektronika flowmeter ultrasonik ganda

Cara Sitasi:

Wiranata, L. Febrian. (2021). Pengukuran Laju Aliran Udara dalam Pipa secara Simultan dengan Transduser Ganda Ultrasonik. *Indonesian Physical Review*, 4(1), 15-22

DOI:

<https://doi.org/10.29303/i-pr.v4i1.75>

ABSTRAK

Telah dilakukan modifikasi penggunaan transduser ganda ultrasonik pengukur jarak menjadi transduser pengukur waktu tempuh untuk pengukuran laju aliran udara dalam pipa secara simultan. Untuk dapat menerapkan konsep simultan, pada penelitian ini, dicoba untuk merakit sistem mikrokontroler yang berfungsi mengirimkan sinyal trigger secara bersamaan dan diterima secara bersamaan, sehingga kesalahan pengukuran dari metode konvensional yang lebih dikenal dengan sebutan perubahan fungsi transduser dari hulu ke hilir atau sebaliknya dapat dikurangi dan memberikan hasil pengukuran yang lebih baik, terlebih lagi dalam dunia industri terdapat banyak bentuk profil aliran yang tidak dapat selalu dijamin selalu simetris. Sedangkan untuk pemasangan lintasan transduser dicoba menerapkan penampang dengan lintasan tunggal. Hasil yang diperoleh dari pengukuran dibandingkan dengan nilai referensi menggunakan Hot Wire, sehingga di peroleh hasil perbedaan pengukuran 27,76 persen, hal ini terjadi karena Hot Wire hanya mampu mengukur pada satu titik saja atau dapat di rata-ratakan pertitik.

Copyright © 2021 IPR. All rights reserved.

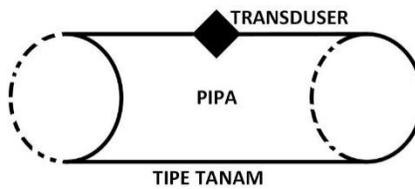
Pendahuluan

Flowmeter ultrasonik (FU) dalam dunia industri merupakan alat ukur yang paling sering digunakan dalam proses *custody transfer* [1]. Selain itu, FU termasuk dalam perangkat jenis non-invasif karena tidak mengganggu profil aliran, tidak menyebabkan terjadinya penurunan tekanan sehingga lebih efektif untuk beroperasi [2]. Pada prinsipnya *flowmeter* ultrasonik memiliki dua metode yaitu Doppler dan metode waktu tempuh. Metode Doppler kurang cocok digunakan dalam proses *custody transfer* disebabkan prinsipnya yang lebih cocok untuk pengukuran udara multi fasa, sedangkan metode waktu tempuh mendeteksi fasa tunggal yang dalam proses *custody transfer* sangat diperlukan. Prinsip kerja dari metode

waktu tempuh adalah mengirimkan gelombang ultrasonik dari hulu ke hilir begitu sebaliknya [3-8]. Perubahan fungsi ini menyebabkan pengukuran aliran udara kurang baik, dimana transduser hanya mampu mengukur laju aliran pada satu arah saja dalam waktu yang berbeda. Pada penelitian ini ditawarkan solusi alternatif menggunakan transduser ganda ultrasonik yang mampu mengukur laju aliran udara dalam waktu bersamaan atau simultan. Tujuannya adalah mengembangkan pengukuran yang mampu memancarkan gelombang ultrasonik dari hulu ke hilir secara bersamaan tanpa menunggu perubahan fungsi dari transduser, inilah yang menjadi kontribusi dalam penelitian ini. Pengembangan transduser ganda ultrasonik dapat dilakukan dengan memodifikasi transduser ganda pengukur waktu menjadi pengukur waktu tempuh. Untuk dapat menjalankan proses pengiriman pulsa secara simultan diperlukan mikrokontroler yang mampu mengirimkan trigger pulsa secara bersamaan untuk dapat mengaktifkan fungsi transduser ganda, sehingga *receiving* transduser mampu menerima kiriman pulsa dari transduser *transmitter*.

Tipe Pemasangan Transduser Ganda Ultrasonik

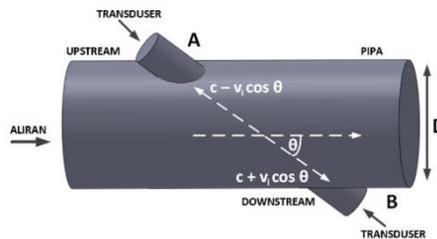
Gambar 1 merupakan metode pemasangan tipe tanam. Tipe ini dipilih karena transduser dapat bersentuhan langsung dengan laju aliran yang diukur [9].



Gambar 1. Pemasangan Transduser Tipe Tanam

Prinsip Kerja Lintasan Tunggal pada Penampang Pipa

Prinsip kerja metode konvensional adalah mengirimkan sinyal dari hulu A ke hilir B begitu sebaliknya [10,11]. Terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Prinsip Kerja Flowmeter Ultrasonik

Untuk menghitung waktu tempuh pada posisi t_{up} (*upstream*) digunakan (1).

$$t_{up} = \frac{D}{c + v \cos \theta} \quad (1)$$

Sedangkan waktu tempuh pada posisi t_{down} (*downstream*) dituliskan pada (2).

$$t_{down} = \frac{D}{c - v \cos \theta} \tag{2}$$

Dengan melakukan modifikasi matematika (1) dan (2), maka diperoleh laju aliran rata-rata pada penampang pipa v_i [4, 10, 11].

$$v_i = \frac{D}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{t_{up}} - \frac{1}{t_{down}} \right) \tag{3}$$

Spektrum dengan Fast Fourier Transform

Untuk menganalisis bentuk spektrum yang terkandung dalam runtun waktu tertentu maka dilakukan analisis spektrum menggunakan *discrete fourier transform (DFT)*. Analisis didasarkan pada transformasi data dari domain waktu ke domain frekuensi. *DFT* pada vektor data $[y_1 y_2 \dots y_n]$ dituliskan pada persamaan (4).

$$Y_{k+1} = \sum_{j=0}^{n-1} y_{j+1} \exp\left(-\frac{i2\pi k j}{n}\right) \tag{4}$$

dimana $j, k = 0, 1, 2, 3, \dots, (n-1)$, y merupakan data yang terekam pada renatng waktu yang sama(τ), sedangkan frekuensi dari transformasi Y_k ditulis pada persamaan (5).

$$f_k = \frac{k}{n\tau} \tag{5}$$

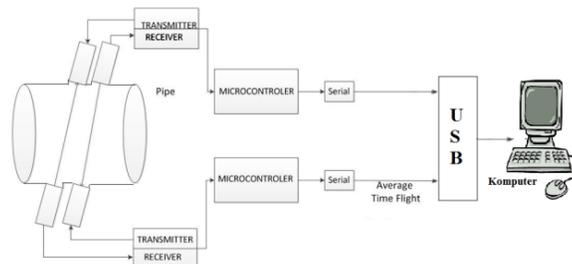
Untuk menghitung nilai *DFT* dari deret waktu tertentu digunakan metode numerik *fast fourier transform (FFT)* yang lebih efisien untuk menghitung nilai *DFT*. Sifat periodisitas yang dieksploitasi dari *FFT* dengan fungsi $\exp(i2\pi k)$, sehingga didapatkan multiplikasi matrik dari persamaan x menjadi persamaan (6) berikut,

$$X_k = \sum_{j=0}^{n-1} x_j W_n^{jk} \tag{6}$$

dengan besaran kompleks $W_n = \exp(i2\pi/n)$ adalah konstanta nilai tertentu dari n [12-14].

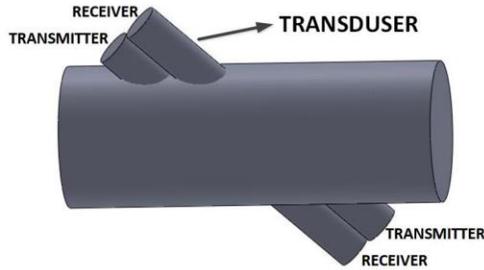
Diagram Blok Transduser Ganda Ultrasonik

Gambar 3 menunjukkan diagram blok transduser ganda ultrasonik. Prinsipnya adalah mengirimkan dan menerima sinyal *trigger* secara bersamaan, kemudian sinyal tersebut diterima dan dikirimkan oleh mikrokontroler dengan kecepatan 9600 *bps (bit per second)* dalam mode *serial* yang hasilnya dapat dilihat secara *real time* dalam monitor komputer.



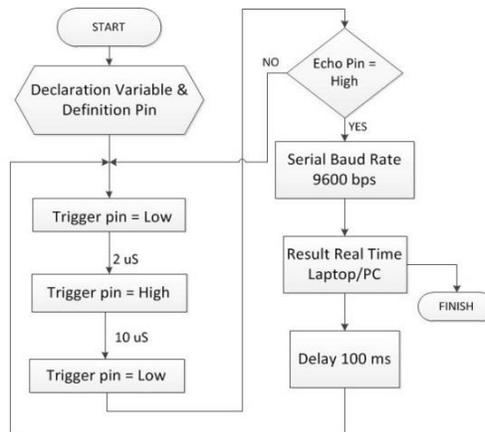
Gambar 3. Blog Diagram Sistem Transduser Ganda

Gambar 4 merupakan bentuk penampang lintasan yang pada penelitian kali ini dicoba menggunakan bentuk lintasan tunggal. Diameter dari penampang pipa $\pm 10,16$ cm.



Gambar 4. Pemasangan Transduser Lintasan Tunggal

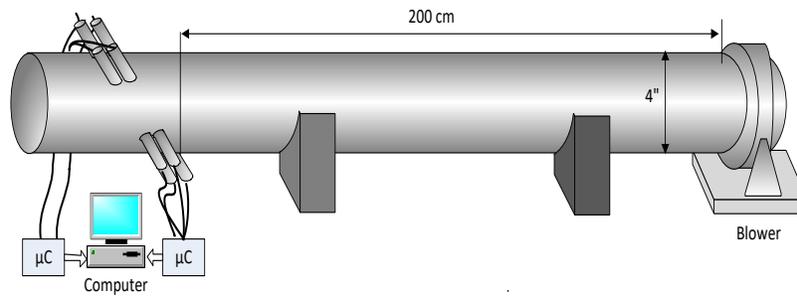
Diagram Blok Cara Kerja Transduser Ultrasonik



Gambar 5. Diagram Blok Cara Kerja Sensor Ultrasonik.

Pertama dilakukan deklarasi variabel dan definisi pin yang akan digunakan, setelah itu mikrokontroler akan mengirimkan sinyal trigger (low-high-low) dalam waktu $2 \mu\text{s}$ dan $10 \mu\text{s}$, apabila sinyal tersebut diterima secara penuh maka mikrokontroler akan mengirimkan data secara serial berkecepatan 9600 bps (*bit per second*) dan hasilnya dapat dilihat secara langsung pada monitor, program ini akan bekerja dengan jeda waktu 100 ms . Namun bila gelombang tidak diterima secara penuh maka sinyal akan dikimkan kembali hingga didapatkan bentuk gelombang penuh.

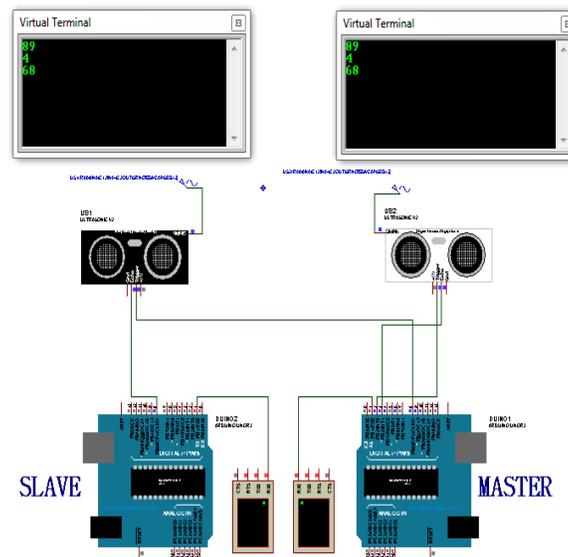
Gambar 6. menunjukkan desain sistem transduser ganda ultrasonik yang digunakan pada penelitian kali ini. Prinsip kerjanya yaitu, *blower* akan menghembuskan udara dalam pipa berukuran $\pm 10,16$ cm dengan panjang pipa utama 200 cm , hal ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk aliran yang tidak simetris atau biasa disebut asimetris.



Gambar 6. *Setup Eksperimen*

Secara teoritis bentuk ukuran panjang pipa pada penelitian kali ini merupakan bentuk penampang lintasan asimetris, sehingga dimungkinkan untuk mengambil data dengan aliran asimetris.

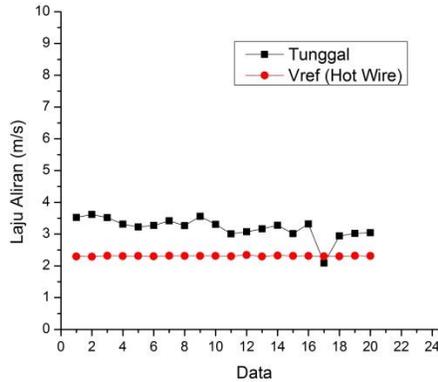
Gambar 7 menjelaskan tentang proses simulasi sistem elektronik transduser ganda. Simulasi ini bertujuan untuk mencoba analisa pemograman yang dibuat. Terlihat pada virtual terminal menunjukkan nilai yang sama pada posisi baris pertama kiri dan kanan, hal ini menjelaskan bahwa program yang dibuat telah sesuai dengan perintah yang dibuat, yaitu mengirimkan dan menerima sinyal secara bersamaan. Bagian virtual terminal menjelaskan tentang monitor yang menjadi keluaran LCD pada simulasi sistem eletronika ultrasonik ganda yang dibuat.



Gambar 7. *Simulasi Sistem Elektronika Transduser Ganda*

Hasil pengukuran lintasan tunggal ultrasonik ganda disajikan pada gambar 8, yang menjelaskan tentang grafik perbandingan hasil pengukuran antara laju aliran udara

transduser ultrasonik ganda untuk lintasan tunggal dengan hasil pengukuran menggunakan referensi (*hot wire*).



Gambar 8. Grafik Hasil Pengukuran Lintasan Tunggal dengan Referensi (*hot wire*)

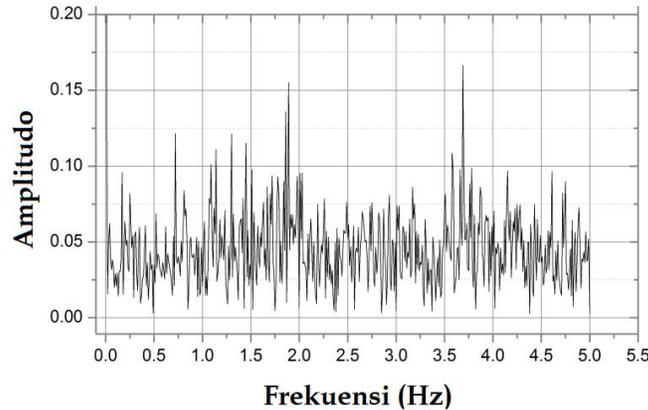
Tabel 1 menunjukkan beberapa parameter statistik yang didapatkan dari hasil pengukuran. Data diperoleh dengan pengambilan sebanyak 20.000 kali dan dirata-ratakan sebanyak 20 kali. Dari hasil pengukuran diketahui persentase kesalahan pengukuran sebesar 27,76% terhadap nilai referensi.

Tabel 1. Parameter Statistik Hasil Pengukuran

Variabel Statistik	<i>Hot Wire</i>	Lintasan Tunggal
Standar Deviasi	0,018	0,321
Varian	0,0003	0,103
Rata-Rata (m/s)	2,31	3,198
% Presisi	97,46	70

Analisa spektrum dengan *Fast Fourier Transform (FFT)*. Sampling waktu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dalam rentang 100 ms, kemudian data dianalisa menggunakan *FFT*.

Gambar 9 menunjukkan hasil pengukuran dari nilai rata-rata proses keluaran menggunakan analisis *FFT*. Data yang bersifat kontinu diubah menjadi diskrit, sehingga menghasilkan nilai perulangan pada setiap nilai laju aliran.



Gambar 10. Grafik FFT Pengukuran Rata -Rata Ultrasonik Ganda

Nilai perubahan laju aliran yang paling sering muncul menjadi nilai tertinggi dari puncak grafik. Sehingga, hasil penelitian diketahui puncak tertinggi untuk nilai rata-rata pengukuran, yang memiliki skala frekuensi 3,64 Hz. Dimana, kesalahan pengukuran frekuensi sebesar 19,29% dari frekuensi *hot wire* 4,51 Hz.

Simpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa modifikasi pengembangan transduser ganda ultrasonik pengukur jarak menjadi pengukur waktu tempuh memiliki rata-rata pengukuran laju aliran fluida dalam pipa 2,31 m/s dengan kesalahan pengukuran 27,67% terhadap nilai referensi sedangkan tingkat kesalahan dari analisis spektrum menggunakan metode *FFT* sebesar 19,29%. Simulasi elektronika sistem ultrasonik ganda memudahkan penganalisaan diagram alur program sehingga sistem yang dibuat mampu bekerja dengan baik, atau dapat bekerja secara simultan. Proses pengukuran yang didapatkan memiliki tingkat presisi sebesar 70%, hal ini disebabkan karena transduser yang digunakan hanya satu/tunggal. Maka perlu ditambahkan lagi jumlah dari transduser, yang dipasang untuk meningkatkan kehandalannya. Selain itu variasi kecepatan aliran (*blower*) perlu dilakukan dengan tujuan mengamati ambang batas kinerja transduser yang digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] AGA Report No. 9. (2007). Measurement of Gas by Multipath Ultrasonic Meters. American Gas Association. 400 North Capitol Street NW. Washiton www.techstreet.com
- [2] Training Course on Ultrasonic Meter TUVNEL Ltd www.tuvnel.com
- [3] G. Rajita & N. Mandal (2016). Review on transit time ultrasonic flowmeter. International Conference on Control, Instrumentation, Energy & Communication (CIEC), 2(17), 88-92.
- [4] A. Luca, R. Marchiano dan J. C. Chassaing (2014). A discontinuous Galerkin approach for the numerical simulation of transit-time ultrasonic flowmeters. IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings, 1(3), 935 - 938.

- [5] WQ. Xu, ZC. Fan, ML. Cai, Y. Shi, XM. Tong dan JP.Sun (2015). Softsensing method of LS-SVM using temperature time series for gas flow measurement. *Metrology and Measurement Systems*. 22, 383-392.
- [6] Q. Chen, W. Li, and J. Wu (2014). Realization of a multipath ultrasonic gas flowmeter base on transit-time technique *Ultrasonics*. 54, 285- 290.
- [7] HC. Zhao, LH. Peng, T. Takahashi, T. Hayashi, K. Shimizu, dan T. Yamamoto (2013). ANN based data integration for multi-path ultrasonic flowmeter. *IEEE Sensor Journal*. 14(2),362-367.
- [8] H. M. Choi, B. R .Yoon, C. G. Kim dan Y. M. Choi (2011). Evaluation of flowmeters for heat metering. *Flow Measurement and Instrumentation*. 22 (5), 475-481.
- [9] D. N. Cheeke, (2002). *Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves*. Montreal. Canada : CRC Press Physics Department, Concordia University
- [10] J. P. Bentley. 2005. *Principles of Measurement System 4th Edition*. Edinburgh: Pearson. pp 427-455.
- [11] C. Wang, T Meng, H. Hu, and L. Zhang (2012). Accuracy of the ultrasonic flow meter used in the hydroturbine intake penstock. *Elsevier Flow Measurement and Instrumentation*, 25(1), 32-39.
- [12] Mary L. Boas. (1996). *Mathematical Method in the Physical Sciences second edition*. Depaul University.
- [13] A. S. Irtawaty, M. Ulfah dan S. F. Rukhyah (2019). Implementasi metode fast fourier transform (FFT) DalamMengklasifikasikan Suara Pria dan Wanita di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Balikpapan. *Jurnal Teknologo Terpadu*. 7(2), 70-75.
- [14] G. Xie & Y.C. Li (2014). Parallel computing for the radix-2 fast fourier transform. *International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science*. 13(1), 133 - 137.