

B31

by Rahadi Wirawan

Submission date: 08-Apr-2022 04:39AM (UTC+0700)

Submission ID: 1804657126

File name: Lamp._B31_PAPER_SNIPS_JURNAL_2012.doc (462K)

Word count: 1494

Character count: 9616

Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Pengukuran Getaran Frekuensi Rendah

Rahadi Wirawan*, Mitra Djamal, Ambran Hartono, Edi Sanjaya,
Widyaningrum Indrasari, dan Ramli

Abstrak

Sensor ultrasonik memanfaatkan fenomena perambatan gelombang ultrasonik dalam pengukuran kuantitas fisika maupun kimia suatu obyek. Prinsip kerja sensor ultrasonik adalah memancarkan gelombang ultrasonik ke obyek, kemudian menangkap gema yang dipantulkan oleh obyek tersebut. Berdasarkan informasi waktu tempuh gelombang, posisi dan jarak suatu obyek dapat ditentukan. Pengukuran getaran frekuensi rendah diperlukan dalam pendeteksian berbagai getaran di alam, seperti halnya pengukuran getaran gempa, bangunan, jembatan dan lainnya. Semua pengukuran tersebut memerlukan spesifikasi daerah frekuensi rendah, yaitu di bawah 1 Hz. Telah dikembangkan sistem pengukuran getaran frekuensi rendah menggunakan modul sensor PING)))™ Ultrasonic Range Finder. Dalam hal ini, sensor ultrasonik dapat diaplikasikan untuk mengukur perubahan posisi objek yang bergetar. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa modul sensor PING)))™ Ultrasonic Range Finder dapat digunakan untuk pengukuran frekuensi dengan koefisien $R^2 = 0.999$. Sensor ultrasonik yang telah dikembangkan dapat diaplikasikan dalam pengukuran getaran frekuensi rendah dengan nilai maksimum kesalahan relatif sebesar 1.24%.

Kata-kata kunci: gema, frekuensi rendah, vibrasi, ultrasonik sensor, PING sensor.

Pendahuluan

Getaran merupakan fenomena pergerakan osilasi suatu obyek terhadap titik kesetimbangannya. Getaran yang diakibatkan oleh gempa, getaran pada bangunan atau jembatan merupakan beberapa contoh fenomena getaran yang dapat diamati. Untuk dapat memahami karakteristik getaran tersebut (frekuensi, amplitudo), dilakukan pengukuran menggunakan berbagai macam sensor yang telah dikembangkan. Yulkifli dkk (2011), mengembangkan sensor berbasis fluxgate untuk getaran frekuensi rendah [1]. Selain sensor berbasis fluxgate, sensor berbasis elemen koil datar dapat diaplikasikan dalam pengukuran getaran [2].

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang memanfaatkan fenomena perambatan gelombang ultrasonik dalam pengukuran kuantitas fisika maupun kimia suatu objek. Aplikasi gelombang ultrasonik atau sensor ultrasonik cukup luas seperti halnya di bidang medis, industri, uji tak merusak, dan instrumentasi [3]. Sensor ini bekerja dengan cara mentransmisikan gelombang suara berfrekuensi tinggi (di atas 20 kHz) ke suatu obyek. Gelombang pantulan (gema) dari obyek yang diterima oleh receiver mengandung berbagai informasi yang dapat ditelaah lebih lanjut. Analisa gelombang pantul tersebut dapat meliputi analisa parameter waktu tempuh gelombang dan amplitudo gelombang pantul. Informasi mengenai suhu, jarak atau posisi objek

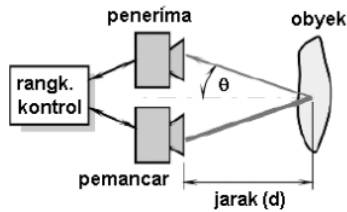
dapat ditentukan berdasarkan informasi waktu tempuh gelombang [4,5]. Disamping itu juga, sensor ultrasonik dapat diaplikasikan dalam sistem counter [6].

Sensor ultrasonik memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam pengukuran frekuensi getaran benda. Hal tersebut dapat diwujudkan melalui implementasi sistem akuisisi data posisi obyek getar yang bersifat periodik. Dalam paper ini, dipaparkan metode pengukuran getaran frekuensi rendah (frekuensi kurang dari 1 Hz), model matematis yang digunakan, dan hasil pengukuran frekuensi getaran.

Teori

Ultrasonik merupakan gelombang suara dengan frekuensi di atas 20 kHz. Dalam sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik ditransmisikan dari sumber, kemudian gelombang pantulan dari suatu obyek dideteksi melalui penerima (*receiver*).

Jarak obyek (d) terhadap sensor ultrasonik ditentukan berdasarkan besarnya kecepatan perambatan gelombang ultrasonik (v) dan sudut yang dibentuk antara obyek dengan penerima gelombang pantulan (θ) seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengukuran jarak dengan sensor ultrasonik [7].

$$d = \frac{vt \cos \theta}{2} \quad (1)$$

dengan t adalah waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar ke obyek dan kembali ke penerima gelombang. Jika jarak antara penerima dan pemancar gelombang ultrasonik cukup dekat dibandingkan dengan jarak obyek maka $\cos \theta \approx 1$ [7].

Untuk mengamati adanya spektrum frekuensi yang terkandung dalam data runtun waktu, dilakukan analisis spektrum. Analisis spektrum didasarkan pada transformasi data dari domain waktu ke domain frekuensi. Salah satu analisis yang banyak digunakan adalah transformasi Fourier atau lebih dikenal sebagai *Discrete Fourier Transformation* (DFT). Formula DFT untuk vektor data $y = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_N]$ dituliskan dalam persamaan berikut:

$$Y_{k+1} = \sum_{j=0}^{N-1} y_{j+1} \exp(-i2\pi jk / N) \quad (2)$$

dimana $j, k = 0, 1, \dots, (N-1)$ dan data y terekam dalam rentang waktu yang sama (τ). Hasil transformasi Y_k memiliki frekuensi

$$f_k = k / \tau N \quad (3)$$

dengan $k = 0, 1, 2, \dots, (N-1)$ [8].

FFT (*Fast Fourier Transform*) merupakan metode numerik yang lebih efisien untuk menghitung DFT dari suatu deret waktu tertentu. FFT mengeksploitasi sifat periodisitas dari fungsi $\exp(i2\pi k)$ dengan k integer. Hal tersebut dilakukan melalui multiplikasi matriks yang terbentuk dari persamaan (2)

$$X_k = \sum_{j=0}^{N-1} x_j W_N^{jk} \quad (4)$$

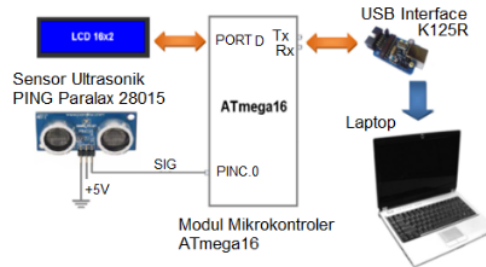
dengan besaran kompleks $W_N = e^{i2\pi / N}$ merupakan konstanta untuk nilai tertentu dari N [9].

Metode

Untuk menentukan frekuensi suatu sumber getar, dilakukan akuisisi data perubahan posisi obyek getar dalam rentang waktu sampling

tertentu. Pada Gambar 2. diilustrasikan skema rangkaian alat dalam pengukuran getaran obyek/benda.

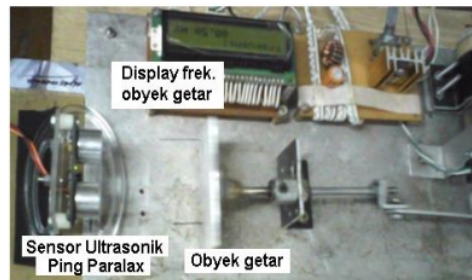
Perubahan posisi obyek getar diamati berdasarkan jarak obyek terhadap sensor ultrasonik seperti terlihat dalam Gambar 3. Dalam hal ini, digunakan sensor PING)))™ *Ultrasonic Distance Sensor* yang merupakan sensor untuk pengukuran jarak non-kontak dengan range 2-300 cm [10].



Gambar 2. Skema rangkaian peralatan pengukuran getaran.

Transmitter sensor memancarkan gelombang ultrasonik (40kHz) yang kemudian dipantulkan oleh obyek sampai akhirnya diterima oleh receiver sensor. Waktu tempuh gelombang ultrasonik ditentukan berdasarkan konversi jumlah cacahan pulsa terhadap frekuensi kristal mikrokontroler (11.059200MHz). Berdasarkan waktu tempuh tersebut, jarak obyek ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Jarak(cm)} = \left(\frac{\sum \text{cacahan}}{11.059200 \text{ MHz}} \right) * 0.03495 / 2 \quad (5)$$



Gambar 3. Setting peralatan dalam pengukuran perubahan posisi obyek getar.

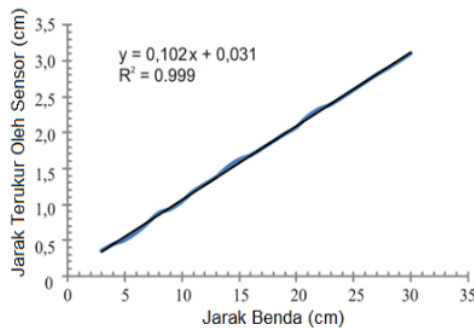
Proses pemancaran sinyal ultrasonik oleh sensor dikendalikan melalui sistem mikrokontroler Atmega16 yang dihubungkan dengan perangkat serial interface USB AVR K-125R untuk proses akuisisi data melalui PC/laptop. Program akuisisi data perubahan

jarak obyek getar dibuat menggunakan program aplikasi Visual basic.

Analisis data perubahan posisi dalam suatu rentang waktu tertentu (domain waktu) dikonversikan ke dalam domain frekuensi menggunakan *fast fourier transform* (FFT). Analisa FFT menggunakan program aplikasi Microcal Origin 6.0

Hasil dan diskusi

Telah dilakukan pengukuran getaran frekuensi rendah 1 dimensi dengan sensor ultrasonik PING))) untuk frekuensi 0,2Hz-1Hz. Kalibrasi sensor ultrasonik dilakukan dengan mengukur jarak benda terhadap sensor, dan hasilnya diperlihatkan melalui grafik pada Gambar 4. berikut.



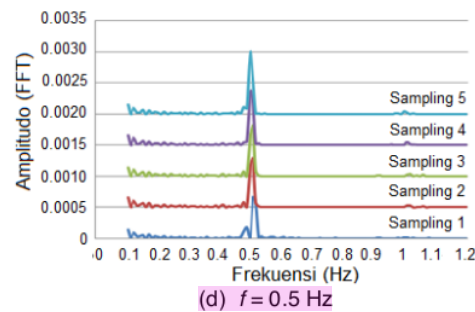
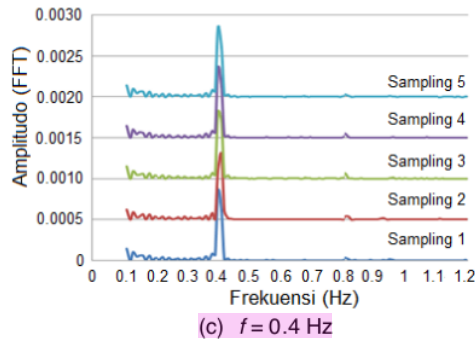
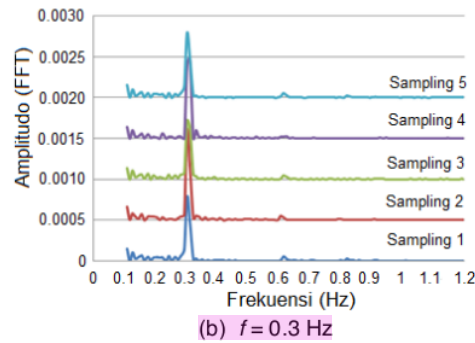
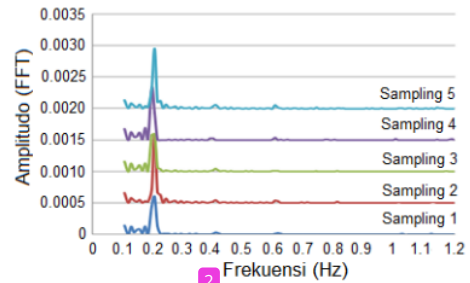
Gambar 4. Grafik hasil kalibrasi sensor ultrasonik PING

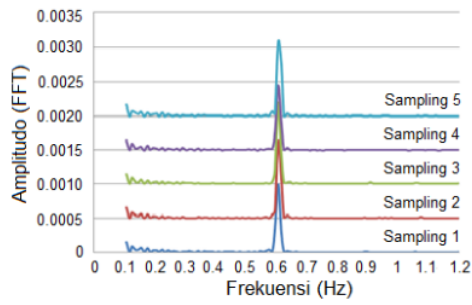
Garfik yang diperoleh menunjukkan bahwa jarak benda dengan jarak yang terukur oleh sensor memiliki hubungan linier. Proses inversi dilakukan terhadap persamaan garis yang dihasilkan dalam Gambar 4. dan diperoleh persamaan inversi

$$y = \frac{x - 0,031}{0,102} \quad (6)$$

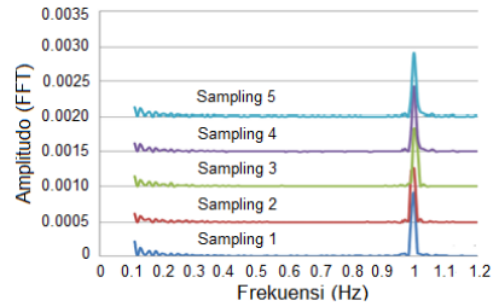
Persamaan (6) kemudian diimplementasikan dalam bentuk program instruksi ke dalam mikrokontroler Atmega16 untuk pengukuran jarak benda terhadap sensor.

Hasil pengukuran perubahan posisi obyek getar terhadap sensor untuk rentang waktu sampling data 200 ms dianalisa menggunakan FFT. Hasil analisis FFT untuk masing-masing frekuensi getar ditampilkan pada Gambar 5.

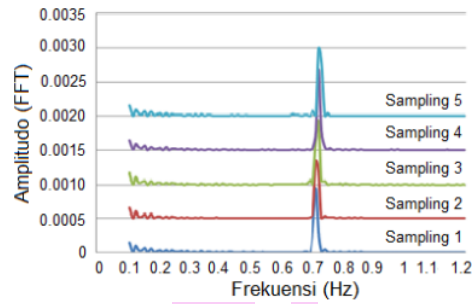




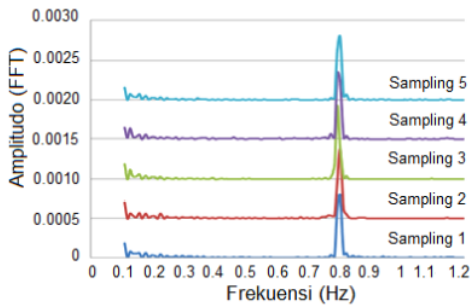
(e) $f = 0.6$ Hz



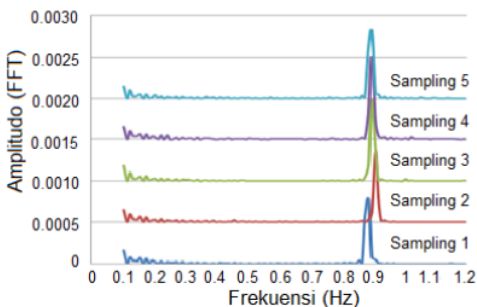
(i) $f = 1$ Hz



(f) $f = 0.71$ Hz

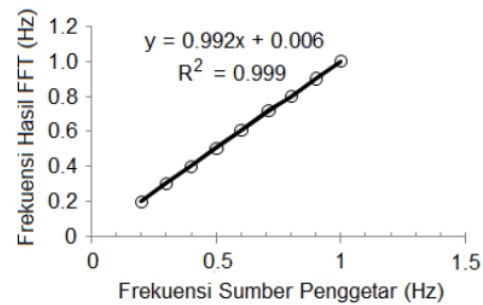


(g) $f = 0.8$ Hz



(h) $f = 0.9$ Hz

Gambar 5. Cuplikan grafik hasil analisis FFT untuk getaran dengan frekuensi sumber 0.2Hz-1Hz.



Gambar 6. Hubungan frekuensi hasil pengukuran dengan frekuensi sumber getaran.

Gradien kemiringan garis sebesar 0.992 yang diperoleh dalam Gambar 6 mengindikasikan bahwa nilai frekuensi terukur mendekati nilai frekuensi sumber. Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa deviasi nilai antara frekuensi sumber getaran dan frekuensi hasil analisis FFT kurang dari 1% dengan besarnya kesalahan relatif maksimum pengukuran 1.24%.

Tabel 1. Hasil analisa FFT untuk frekuensi getaran

Frekuensi sumber (Hz)	Frekuensi hasil analisa FFT (Hz)	Kesalahan relatif pengukuran
0.2	0.2022 ± 0.0044	0.0107
0.3	0.3036 ± 0.0020	0.0117
0.4	0.4022 ± 0.0040	0.0054
0.5	0.5041 ± 0.0051	0.0081
0.6	0.6056 ± 0.0001	0.0092
0.71	0.7189 ± 0.0054	0.0124
0.8	0.7972 ± 0.0049	0.0035
0.9	0.8987 ± 0.0067	0.0067
1	0.9962 ± 0.0001	0.0038

Kesimpulan

Telah dikembangkan aplikasi sensor ultrasonik PING Parallax sebagai sensor getaran frekuensi rendah 0,2Hz-1Hz. Sensor tersebut mampu mendeteksi getaran sumber dengan kesalahan relatif maksimum pengukuran sekitar 1.24%.

Referensi

- [1] Yulkifli, Hufri, Mitra Djamal, R. N. Setiadi, "Desain Sensor Getaran Frekuensi Rendah Berbasis Fluxgate", Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi, Vol 3, No 2 (2011).
- [2] Djamal, M., Ramli, Satira, S., Suprijadi, "Development of a low cost vibration sensor based on flat coil element", International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, Vol 5, Issue 3 (2011).
- [3] Charlesworth J.P, & Temple JAG, Engineering Applications of Ultrasonic Time-of-flight Diffraction, John Wiley & Sons Inc., New York (1979).
- [4] M. Djamal, Suryono, Ramli, "Ultrasonic Sensor and Its Application to Temperature Measurement", ICPAP, Bandung (2011).
- [5] K.Prawiroredjo, N. Asteria, "Detektor Jarak dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler", JETri, Vol.7 No. 2, ISSN 1412-0372, hal. 41-52 (2008).
- [6] Nason, "Aplikasi Counter dengan Mikrokontroler Untuk Menghitung Penonton di Pintu Masuk Stadion dengan Sensor Ping dan Led", Teknika Vol. XXXII No. 1, ISSN 0854-3143, hal. 37-41 (2011).
- [7] J. Fraden, Handbook of Modern Sensors Physics, Design and Applications 3rd, Springer-Verlag Inc, 2004, pp.286-289.
- [8] Suarga, Fisika Komputasi Solusi Problema Fisika dengan MATLAB, Penerbit ANDI Yogyakarta, hal. 129-130 (2007).
- [9] K. V. Rangarao, R. K. Mallik, Digital Signal Processing A Practitioner's Approach, John Wiley & Sons, Ltd., pp. 79-88 (2005)
- [10] Technical Note, (PING)))™ Ultrasonic Distance Sensor (#28015), Parallax Inc, www.parallax.com, (2008), diunduh tanggal 18 Mei 2012:22.35.

Rahadi Wirawan*
Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Mataram
Jl. Majapahit 62, Mataram 83125, Indonesia
rahadi.wirawan@students.itb.ac.id

Mitra Djamal
Fisika Teoritik Energi Tinggi dan Instrumentasi
Jurusan Fisika, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesa 10 Bandung 40116, Indonesia
mitra@fi.itb.ac.id

Ambran Hartono
Program Studi Fisika, FST UIN Syarif Hidayatullah
Jakarta
Jl. Ir. Juanda 95 Ciputat, Indonesia
ambranhartono@yahoo.com

Idi Sanjaya
Program Studi Fisika, FST UIN Syarif Hidayatullah
Jakarta
Jl. Ir. Juanda 95 Ciputat, Indonesia
sanjaya.rbe@yahoo.com

Idyaningrum Indrasari
Jurusan Fisika, Universitas Negeri Jakarta
Jl. Pemuda 10, Jakarta 13220, Indonesia
widyaunj@gmail.com

Ramli
Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Hamka Air Tawar Padang 25131, Indonesia
ramlisutan@ymail.com

*Corresponding author

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	3%
2	Huihui Song, Xuewei Zhang, Jinjie Wu, Yanbin Qu. "Low-frequency oscillations in coupled phase oscillators with inertia", Scientific Reports, 2019 Publication	2%
3	fr.scribd.com Internet Source	2%
4	journal.unj.ac.id Internet Source	2%
5	eprints.undip.ac.id Internet Source	2%
6	sintadev.ristekdikti.go.id Internet Source	2%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%

