

ALAT UKUR IMPEDANSI AKUSTIK MATERIAL LOGAM DENGAN METODE ULTRASONIK PULSA ECHO

Rizky Benny Relado¹, Agus Naba¹, D.J. Djoko Herry S.¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya

Email : rizkybenny92@gmail.com

Abstrak

Untuk mengidentifikasi suatu jenis logam salah satunya dapat digunakan parameter impedansi akustik. Dalam mencari besar impedansi akustik dari logam biasanya digunakan metode ultrasonik pulsa *echo*. Metode pulsa *echo* adalah metode yang didasarkan pada perhitungan *delay time* dari gelombang pantul pertama dan kedua pada benda uji. Selain itu, untuk meningkatkan keakuratan dalam mencari *delay time* maka digunakan teknik *envelope*. Teknik *envelope* berguna untuk mencari puncak dari pola sinyal pantul. Perangkat lunak LabVIEW digunakan untuk membuat program saat proses perhitungan nilai impedansi akustik. Pengukuran dilakukan pada logam aluminium, kuningan, besi, dan *stainless steel*. Kombinasi metode pulsa *echo* dan teknik *envelope* pada penelitian ini mampu memberikan hasil impedansi akustik yang akurat dengan rata-rata error di bawah 5 %.

Kata kunci : *Delay time*, Impedansi akustik, Logam, Pengukuran, Pulsa *echo*, Teknik *envelope*.

I. Pendahuluan

Pengukuran adalah suatu kegiatan untuk mendapatkan suatu besaran fisis dari suatu benda dengan cara membandingkan dengan besaran lain yang telah ditentukan nilainya. Pengukuran sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang semisal dalam industri untuk mendapatkan besaran dari suatu proses yang dilakukan untuk menentukan proses selanjutnya akan dilakukan [1].

Gelombang bunyi merupakan bentuk dari gelombang longitudinal maupun transversal yang merambat dalam suatu medium akibat adanya suatu getaran [2]. Gelombang suara memiliki spektrum frekuensi pada tingkatan yang berbeda-beda. Pada umumnya manusia hanya dapat mendengarkan suara pada rentang frekuensi antara 20 Hz hingga 20 kHz. Sedangkan untuk frekuensi di bawah dari 20 Hz dinamakan gelombang suara infrasonik dan untuk gelombang suara di atas dari 20 kHz dinamakan ultrasonik.

Panjang suatu gelombang dapat didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh oleh perambatan bunyi pada satu siklus. Panjang gelombang dipengaruhi oleh frekuensi dan cepat rambat gelombang seperti persamaan (1).

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

Impedansi akustik merupakan ukuran hambatan yang diberikan oleh suatu fluida atau medium lainnya terhadap hambatan rambatan

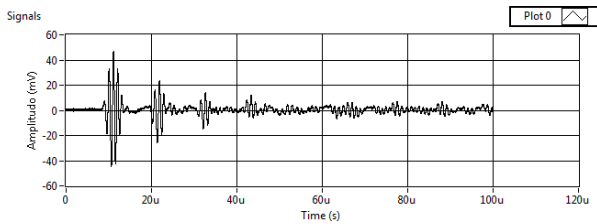
gelombang bunyi. Impedansi akustik (z) didefinisikan sebagai perbandingan tekanan bunyi kompleks terhadap kecepatan partikel.

$$z = \frac{p}{u} \quad (2)$$

Untuk gelombang yang menjalar pada suatu medium tertentu impedansi akustiknya dijelaskan dengan persamaan (3).

$$z = \rho c \quad (3)$$

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode pulsa *echo* atau biasa disebut dengan metode pantulan pulsa. Metode ini tergolong sederhana dimana rangkaiannya hanya terdiri dari sebuah generator pulsa dan rangkaian penerima yang digunakan untuk mengamati gelombang pantul yang terbentuk. Pembangkit sinyal diatur agar menghasilkan pulsa pada frekuensi perulangan (*repetition rate*) yang rendah sehingga periodenya jauh lebih besar dari waktu tempuh gelombang ultrasonik di dalam bahan [3].

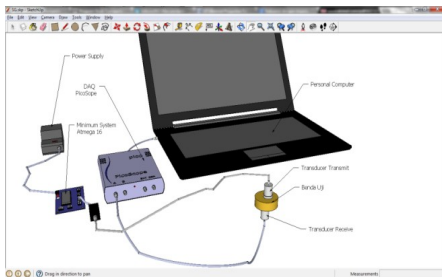


Gambar 1 Contoh hasil sinyal pantul

II. Metode

Pada penelitian ini digunakan perangkat keras untuk memperoleh data pengukuran yang terdiri dari :

1. Notebook,
2. Pembangkit sinyal berbasis Atmega16,
3. Power supply DC 9 volt,
4. PicoScope 3205B (DAQ),
5. Transduser ultrasonik 1 MHz, dan
6. Benda uji logam (aluminium, kuningan, besi, dan stainless steel).



Gambar 3 Sistem Pengukur

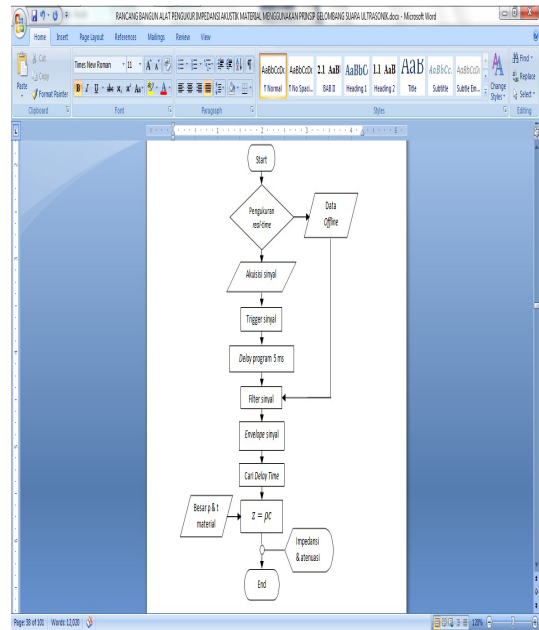
Untuk menggunakan metode pulsa *echo*, perlu diperhatikan dalam membuat pembangkit sinyal. Pembangkit sinyal menembakkan pulsa sebanyak tiga periode dan kemudian berhenti dalam rentang waktu tertentu, kemudian menembakkan pulsa kembali dan proses tersebut dilakukan secara berulang (*repetition rate*). Karena transduser yang digunakan 1 MHz, maka satu periode pulsa dihitung dengan persamaan (5).

$$T = \frac{1}{f} \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{10^6} = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}$$

Transduser yang digunakan ada dua, masing-masing berperan sebagai *transmitter* dan *receiver*. Dua transduser dipasang secara mengapit pada permukaan depan dan belakang benda uji.

Program dari sistem pengukur yang bertugas untuk mengolah data yang telah diakusisi oleh perangkat lunak ditunjukkan dalam *flow chart* pada gambar 5.



Gambar 5 Flow chart LabVIEW

Untuk mencari nilai impedansi akustik logam dilakukan dengan terlebih dahulu mencari nilai *delay time* dari gelombang pantul dan densitas pada benda uji. Sistem pengukuran hanya dibuat khusus untuk mencari *delay time*, tetapi tidak untuk mencari densitas.

Sinyal pantul yang digunakan adalah sinyal pantul pertama dan kedua. Hal ini dikarenakan pada sinyal pantul tersebut masih membawa informasi karakteristik yang minim terhadap *noise*.

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (6)$$

$$c = \frac{2l}{\Delta t} \quad (7)$$

Setelah mendapatkan nilai *c* dan ρ , maka untuk mendapatkan nilai impedansi akustik benda uji digunakan persamaan (3). Setiap benda uji dilakukan pengukuran terhadap dua filter IIR

yaitu, *chebyshev* dan *butterworth*. Dan dilakukan perulangan sebanyak sepuluh kali untuk menguji tingkat keakuratan dan presisi dari sistem pengukur.

III. Hasil dan Pembahasan

Tujuan dari penelitian ini untuk menguji tingkat keakuratan dan kepresisian dari sistem pengukuran dengan metode pulsa *echo* dan teknik *envelope*.

Gambar 5 Grafik hasil pengukuran *delay time*

Pada logam aluminium, gelombang ultrasonik membutuhkan waktu pantul dalam benda uji paling lama dan sebaliknya pada logam kuningan menjadi yang tercepat. Hal ini selain dipengaruhi oleh kecepatan rambat gelombang pada material logam juga dipengaruhi oleh ketebalan dari logam. Makin tebal logam maka gelombang membutuhkan waktu pantul pada benda uji lebih lama, begitu pula sebaliknya.

Tabel 1 Error pengukuran *delay time*

Jenis Logam	Standar	Error (%)	
		Butterworth (orde 2)	Chebyshev (orde 2)
Aluminium	7.959	1.753	2.271
Kuningan	11.014	4.256	3.784
Besi	8.464	0.995	0.335
Stainless steel	8.777	0.687	0.030

Parameter lain yang penting adalah massa jenis dari benda uji. Dengan diketahui besar *delay time* dan massa jenis benda uji, maka dapat diketahui besar impedansi akustik benda uji. Dengan persamaan (3), maka dapat diketahui besar impedansi akustik dengan satuan MRayls ($kg/m^2 \times -sec 10^5$).

Menurut standar, besi memiliki nilai impedansi akustik yang paling tinggi yaitu 45,430 MRayls. Selanjutnya diikuti oleh jenis logam stainless steel sebesar 45,403 MRayls, jenis logam kuningan sebesar 36,637 MRayls, dan yang paling kecil adalah jenis logam aluminium sebesar 17,064 MRayls

Gambar 6 Grafik hasil pengukuran impedansi akustik

Selain dipengaruhi oleh *delay time*, nilai *error* juga dipengaruhi oleh pengukuran dari densitas yang terbilang kurang akurat karena masih menggunakan cara konvensional dengan menimbang dan mengukur volume benda dengan jangka sorong untuk mendapatkan nilai densitas benda uji.

Tabel 3 Error pengukuran impedansi akustik

Jenis Logam	Standar (MRayls)	Error (%)	
		Butterworth (orde 2)	Chebyshev (orde 2)
Aluminium	17.064	1.706	2.245
Kuningan	36.637	7.345	6.817
Besi	45.430	2.420	1.743
Stainless steel	45.403	0.275	0.380

Tingkat presisi pengukuran adalah kemampuan dari suatu sistem pengukuran untuk mengukur secara konsisten terhadap hasil pada setiap kali perulangan pengukuran [4] Pada penelitian ini, untuk menguji presisi digunakan perhitungan ketidakpastian relatif.

Tabel 4 Tingkat kepresisian

Jenis Logam	Ketidakpastian relatif	
	Butterworth <i>h</i>	Chebyshev <i>v</i>
Aluminium	0.26%	0.37%
Kuningan	0.86%	0.92%
Besi	0.48%	0.34%
Stainless steel	0.75%	0.23%

Semua benda uji dan jenis filter yang digunakan dalam mengolah hasil nilai impedansi akustik seluruhnya memiliki nilai ketidakpastian relatif di bawah 1%. Makin kecil nilai ketidakpastian relatif, maka hasil pengukurannya makin presisi. Dengan hasil yang didapatkan maka sistem pengukuran dapat terbilang presisi.

IV. Kesimpulan

Hasil pengukuran impedansi akustik logam dengan metode pulsa *echo* dan teknik *envelope* memiliki tingkat *error* $\leq 5\%$. Tingkat *error* tersebut akibat dari pengukuran densitas yang kurang akurat diluar sistem pengukuran, sedangkan perhitungan *delay time* apabila dibandingkan dengan standar memiliki tingkat

$error \leq 2\%$. Dan untuk tingkat kepresisian sistem pengukuran digunakan perhitungan ketidakpastian relatif, dimana hasilnya berada di bawah 1%. Dengan demikian sistem pengukur yang telah dibuat memiliki tingkat yang baik dalam keakuratan dan presisi dalam melakukan pengukuran.

V. Daftar Pustaka

- [1] Awal, R. 2012. *Desain Sistem Pengukuran Pergeseran Objek dengan Transduser Ultrasonik Menggunakan Metode Korelasi Silang Secara Real-Time*. Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang.
- [2] Young, H. D., Freedman, R.A. 2004. *Fisika Universitas*. Edisi Kesepuluh. Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- [3] Trisnobudi, A. 2001. *Instrumentasi Ultrasonik*. Bandung : Penerbit ITB.
- [4] Giancoli, D. C. 2009. *Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics*. Pearson Prentice Hall. New Jersey.