

Rapat Energi Akustik Dimensi Satu

Agus Purwanto

Laboratorium Getaran dan Gelombang, Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY
Kampus Karangmalang, Yogyakarta 55281

Abstrak

Telah berhasil ditunjukkan secara teoritis bahwa nilai ratio rapat Lagrangian terhadap rapat energi dimensi satu di titik ekstrem dapat digunakan untuk menentukan koefisien refleksi bunyi bahan akustik.

Key words: *rapat energi, rapat Lagrangian, koefisien refleksi bunyi.*

A. PENDAHULUAN

Sudah menjadi suatu kelaziman bahwa pengukuran koefisien refleksi bunyi suatu bahan akustik dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi. Pada salah satu ujung tabung impedansi dipasang sumber bunyi (misal *loudspeaker*) dan pada ujung yang lain dipasang bahan akustik yang akan diukur koefisien refleksinya. Karena ada gelombang datang dan gelombang pantul, maka dalam tabung impedansi terbentuk gelombang tegak (*standing wave*). Dari nilai *standing wave ratio* kita dapat menentukan nilai koefisien refleksi bunyi bahan akustik.

Pada makalah ini akan diturunkan secara teoritis persamaan rapat energi akustik (energi per satuan volume) dimensi satu. Akan ditunjukkan pula bahwa dari pengukuran rapat energi akustik dapat diperoleh nilai koefisien refleksi bunyi suatu bahan akustik.

B. KAJIAN TEORI

Misalkan ada gelombang bidang yang menjalar ke arah sumbu-x positif pada tabung impedansi yang diberikan oleh

$$p_i = \tilde{A} e^{j(\omega t - kx)}. \quad (1)$$

Karena adanya bahan akustik di ujung tabung, maka terbentuk gelombang pantul yang diberikan oleh

$$\tilde{p}_r = \tilde{B} e^{j(\omega t + kx)} \quad (2)$$

Jika bahan akustik mempunyai koefisien refleksi \tilde{R} , maka \tilde{A} dan \tilde{B} dihubungkan oleh persamaan

$$\tilde{R} = \frac{\tilde{B}}{\tilde{A}} \quad (3)$$

Karena adanya gelombang datang dan gelombang pantul, tekanan dalam tabung impedansi diberikan oleh

$$\begin{aligned} \tilde{p} &= \tilde{p}_i + \tilde{p}_r \\ &= \tilde{A} e^{j\omega t} (e^{-jkx} + \tilde{R} e^{jkx}). \end{aligned} \quad (4)$$

Kemudian, dengan menggunakan persamaan Euler linier dimensi satu, diperoleh kecepatan partikel sebagai berikut

$$\tilde{u} = \hat{x} \frac{\tilde{A}}{\rho c} e^{j\omega t} (e^{-jkx} - \tilde{R} e^{jkx}). \quad (5)$$

Setelah memperoleh \tilde{p} dan \tilde{u} , maka rapat energi sesaat E_i diberikan oleh

$$E_i = \frac{1}{2} \rho \left[u^2 + \left(\frac{p}{\rho c} \right)^2 \right], \quad (6)$$

Dengan rata-ratanya terhadap waktu diberikan oleh (Pierce, 1991)

$$E = \frac{1}{4} \rho \tilde{u} \bullet \tilde{u}^* + \frac{1}{4} \frac{|\tilde{p}|^2}{\rho c^2}$$

$$E = \frac{1}{2 \rho c^2} |\tilde{A}|^2 \{1 + |R|^2\}. \quad (7)$$

Dengan mengikuti prosedur yang sama, rata-rata terhadap waktu dari rapat Lagrangian diberikan oleh

$$L = -\frac{1}{\rho c^2} |\tilde{A}|^2 \{R_r \cos(2kx) - R_i \sin(2kx)\} \quad (8)$$

dimana $R_r = \text{Re}\{\tilde{R}\}$ dan $R_i = \text{Im}\{\tilde{R}\}$.

Untuk menghapus $|\tilde{A}|^2$, L dibagi dengan E sehingga diperoleh

$$\frac{L}{E}(x) = -\frac{1}{2} \frac{[R_r \cos(2kx) - R_i \sin(2kx)]}{(1 + |R|^2)}. \quad (9)$$

Kemudian kita turunkan persamaan (9) terhadap x dan menyamakan hasilnya sama dengan nol, sehingga diperoleh

$$\tan(2kx) = -\frac{R_i}{R_r}. \quad (10)$$

Pada nilai ekstrem ini, $\frac{L}{E}$ mempunyai nilai

$$\frac{L}{E}(x = x_l) = -\frac{1}{2 \cos(kx_l)} \frac{R_r}{1 + R_r^2 + R_r^2 \tan^2(2kx_l)}. \quad (11)$$

Bila nilai $\frac{L}{E}(x = x_l) = y$ (untuk memudahkan notasi), persamaan (11) bisa disederhanakan menjadi persamaan kuadrat dalam R_r dengan penyelesaian

$$R_r = -\frac{\cos(2kx_l)}{4y} \left[1 \pm \sqrt{1 - 16y^2} \right]. \quad (12)$$

Dengan cara yang sama, R_i diberikan oleh

$$R_i = \frac{\sin(2kx_l)}{4y} \left[1 \pm \sqrt{1 - 16y^2} \right]. \quad (13)$$

Persamaan (12) dan (13) menunjukkan bahwa dengan cara mengukur nilai $\frac{L}{E}$ di titik ekstrem dapat diperoleh bagian riil dan bagian imajiner dari koefisien refleksi \tilde{R} .

C. KESIMPULAN

Telah berhasil ditunjukkan bahwa besaran rapat energi dapat digunakan untuk menentukan koefisien refleksi bunyi bahan akustik. Untuk kasus dimensi satu teknik pengukuran berdasarkan besaran rapat energi belum menunjukkan keunggulannya dibandingkan dengan teknik pengukuran berdasarkan tekanan. Namun untuk kasus dimensi dua dan tiga, diharapkan besaran rapat energi lebih berguna daripada besaran tekanan.

D. DAFTAR PUSTAKA

Pierce, Allan D., (1991) *Acoustics: An Introduction to Its Physical Principles and Application*, New York: The Acoustical Society of America.