

Pengukuran Sifat Akustik Material Dengan Metode Tabung Impedansi Berbasis *Platform* Arduino

Syaiful Bahri, Tetti N Manik, Suryajaya

Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Lambung Mangkurat

e-mail: syabah123@gmail.com

ABSTRAK-Telah dibuat alat ukur sifat akustik material dengan metode tabung impedansi di Laboratorium Fisika FMIPA ULM dan material uji serat daun nenas dengan perbandingan fraksi volume sebagai sampel uji. Alat ukur ini menggunakan *Sound Analog Sensor* (SAS)-V2 sebagai sensor bunyi. Alat ini telah dikalibrasi menggunakan *Sound Lever Meter* standar dan sampel standar (plywood 3/8"). Nilai koefisien serapan sampel standar untuk frekuensi 125 Hz – 1000 Hz berturut-turut $0,288 \pm 0,016$; $0,217 \pm 0,032$; $0,187 \pm 0,023$; $0,057 \pm 0,006$; dan $0,083 \pm 0,014$. Hasil pengukuran 3 sampel uji material serat daun nenas dengan perbandingan fraksi volume serat dan matrik (lem fox) yaitu A (10%:90%), B (15%:85%), dan C (20%:80%) disimpulkan bahwa material uji serat daun nenas bersifat *absorber* pada frekuensi rendah ≤ 500 Hz ($0,169 < \alpha < 0,343$) dan 1000 Hz ($\alpha \geq 0,15$), kecuali sampel C bersifat *reflector* pada frekuensi 500 Hz ($\alpha = 0,118$).

Kata Kunci : *Absorber, Metode Tabung Impedansi, Serat Daun Nanas, Sifat Akustik*

I. PENDAHULUAN

Kebisingan merupakan bunyi yang tidak diharapkan. Kebisingan sangat mengganggu bahkan berbahaya bagi manusia sehingga diperlukan membuat suatu material yang dapat mengurangi atau bahkan menyerap intensitas bunyi, dikenal sebagai material absorpsi bunyi yang di aplikasikan untuk keperluan desain suatu ruangan.

Material-material penyerap bunyi tersebut diukur sifat akustiknya, sehingga dihasilkan material penyerap bunyi yang baik. Ada dua metode pengukuran sifat akustik material yaitu metode ruang dengung dan metode tabung impedansi. Tabung impedansi merupakan alat yang sangat penting untuk mengetahui nilai koefisien serapan, pemantulan dan transmisi bunyi. Penelitian tentang tabung impedansi telah banyak dilakukan, Asade dan Ikhwanasyah (2013) telah melakukan penelitian tentang perancangan tabung impedansi dan kajian eksperimental koefisien serap bunyi paduan aluminium-magnesium dengan standart ISO

10534-2:1998. Sari dkk (2013) melakukan penelitian mengenai pengukuran tingkat penyerapan bunyi kepingan batang kelapa sawit dengan menggunakan tabung impedansi. Jacobus (2013) melakukan sistem pengukuran serapan akustik bahan menggunakan tabung impedansi dua mikrofon berbasis mikrokontroller ATmega 8535 dengan *range* pengukuran intensitas 75,0 dB-110,0 dB namun, alat ini belum dikalibrasi menggunakan sampel standar. Mitrayana dan Fajar (2013) juga melakukan penelitian rancang bangun alat ukur koefisien serapan akustik di Laboratorium Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM. Alat ukur ini menggunakan pipa PVC ($\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ ") dan mikrofon terhubung secara langsung komputer. Tetapi alat ukur ini belum dapat melakukan pengukuran secara otomatis dan alat belum dilakukan kalibrasi.

Tabung impedansi memiliki peran penting untuk mengetahui karakteristik sifat akustik dari suatu bahan. Khususnya di Program Studi Fisika FMIPA Universitas

Lambung Mangkurat (ULM) alat pengukur seperti ini sangat menunjang kelengkapan sarana dan prasarana di Laboratorium Material Fisika FMIPA ULM. Penelitian tentang pengukuran sifat akustik material (bahan) dengan metode tabung impedansi berbasis *platform* arduino, dimana alat ukur ini menggunakan mikrokontroller (Jacobus, 2013) dan dimensi tabung (Mitraryana adn Fajar 2013). Tabung impedansi akan di uji keakurasiannya dengan menggunakan *Sound Level Meter Standard*, sampel standar dan material uji. Kelebihan alat ukur ini adalah mampu mengukur sifat akustik (absorpsi, refleksi, dan transmisi) secara otomatis dan mudah dibawa kemana-mana (*Portable*).

1.1 Gelombang dan Bunyi

Gelombang adalah suatu getaran, gangguan atau energi yang merambat. Satu gelombang terdiri dari satu lembah dan satu bukit (untuk gelombang transversal) atau satu regangan dan satu rapatan (untuk gelombang longitudinal) (Harahap 2010).

Bunyi adalah suatu gelombang longitudinal yang merambat secara perapatan dan peregangannya terbentuk oleh partikel zat perantara serta ditimbulkan oleh sumber bunyi yang mengalami getaran. Gelombang bunyi dapat merambat melalui benda padat, benda cair, dan gas (Halliday and resnick 2010). Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan peregangannya partikel-partikel udara yang bergerak ke luar, yaitu karena perbedaan tekanan. Hal serupa juga terjadi pada penyebaran gelombang air pada permukaan suatu kolam dari titik dimana batu di jatuhkan (Doelle 1993). Tidak semua frekuensi gelombang bunyi dapat didengar manusia. Telinga manusia hanya peka terhadap gelombang dalam *range* frekuensi tertentu yaitu sekitar 20 Hz- 20.000 Hz, yang dinamakan daerah yang dapat didengar (audiosonik), gelombang bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz disebut infrasonik, dan gelombang bunyi yang frekuensi lebih dari 20.000 Hz disebut

ultrasonik (Young, 2002). Bunyi yang menumbuk suatu permukaan akan mengalami berbagai kondisi yaitu pemantulan (*refleksi*) bunyi, penyerapan (*absorption*) bunyi dan transmisi bunyi (Suptandar, 2004).

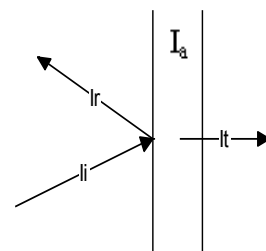
1.2 Koefisien Serapan Bunyi

Koefisien absorpsi atau penyerapan suara (*sound absorption*) merupakan perubahan energi dari energi suara menjadi energi panas atau kalor. Koefisien absorpsi bunyi (α) menyatakan besarnya penyerapan bunyi suatu benda pada frekuensi tertentu. Nilai koefisien absorpsi berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai koefisien serap 0 menyatakan tidak ada energi bunyi yang diserap dan nilai koefisien serap 1 menyatakan serapan yang sempurna atau 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan (Khuriati, 2006). Koefisien serapan bunyi pada permukaan bidang dinyatakan sebagai perbandingan dari energi yang diserap terhadap energi yang datang. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut: (Satwiko, 2009).

$$\alpha = \frac{I_{\alpha}}{I_i} = \frac{I_i - I_{\text{sampel}}}{I_i} \quad (1)$$

1.3 Koefisien refleksi dan transmisi bunyi (Satwiko, 2009)

Gelombang datang menjalar ke arah x-positif dinyatakan sebagai I_i , saat gelombang datang mengenai bidang batas, ada sebagian gelombang yang diarahkan ke arah x-negatif dan yang lain ditransmisikan ke medium dua seperti Gambar 1.



Gambar 1. Interaksi gelombang bunyi dengan permukaan

$$\tau = \frac{I_t}{I_i} \text{ dan } \rho = \frac{I_r}{I_i} \quad (2)$$

Hubungan ketiga koefisien tersebut dituliskan:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (3)$$

Ada 3 daerah frekuensi yang mempunyai gejala transmisi berbeda yaitu: (Satwiko, 2009).

1. Daerah yang dipengaruhi oleh kekakuan bahan (*stiffness controlled region*)
2. Daerah yang dikontrol oleh massa bahan (*mass law region*)
3. Daerah yang dipengaruhi oleh frekuensi kritis (*critical frequency region* atau *co-incidence effect*).

1.4 Fungsi Pindah atau Transfer Function (ISO 10534-2-1998, 2010)

Secara fisis fungsi pindah merupakan gambaran respon sistem terhadap masukan tertentu yang dinyatakan dalam bentuk perbandingan transformasi fourier tekanan akustik pada dua mikrofon yaitu tekanan pada mikrofon yang paling dekat dengan sampel uji dibagi tekanan pada mikrofon yang paling dekat dengan sumber bunyi. Konsep fungsi pindah sangat bermanfaat dalam menentukan koefisien refleksi kompleks pada metode tabung impedansi dua mikrofon mengingat koefisien refleksi tidak dapat diukur secara langsung. Apabila nilai koefisien refleksi dapat diketahui maka karakteristik akustik lainnya dapat diketahui. Dengan memanfaatkan transfer fungsi, koefisien refleksi (R) dapat ditentukan dengan Persamaan:

$$R = \frac{H_1 - e^{jks}}{e^{jks} - H_1} e^{j2k(l+s)} \quad (4)$$

dengan R adalah koefisien refleksi kompleks, H_1 adalah fungsi pindah untuk gelombang datang, k adalah bilangan gelombang ($k = 2\pi/\lambda$), l adalah jarak sampel ke mikrofon terdekat, s adalah jarak antara kedua mikrofon. Fungsi e^{jks} dan e^{jks} masing-masing disebut fungsi pindah gelombang datang H_1 dan fungsi pindah gelombang refleksi H_r .

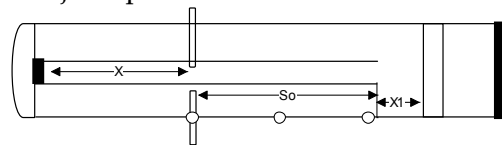
Dengan demikian Persamaan (4) dapat dituliskan:

$$R = \frac{H_1 - H_r}{H_R - H_1} e^{j2k(l+s)} \quad (5)$$

1.5 Kontruksi Tabung Impedansi untuk Metode Fungsi Pindah (ISO 10543-2-1998, 2010)

Pemukaan tabung harus rata, tidak berpori-pori dan tidak berlubang (kecuali pada posisi mikrofon yang akan dipasang). Dinding tabung harus kuat dan cukup tebal untuk mencegah vibrasi yang muncul akibat pemancaran sinyal bunyi. Ketebalan yang direkomendasikan pada tabung impedansi yaitu minimal 5% dari diameter tabung.

Mikrofon diletakkan pada area gelombang bunyi dengan jarak minimum sebesar diameter tabung dari sumber bunyi. Dimensi pada tabung impedansi dapat terlihat jelas pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi tabung impedansi

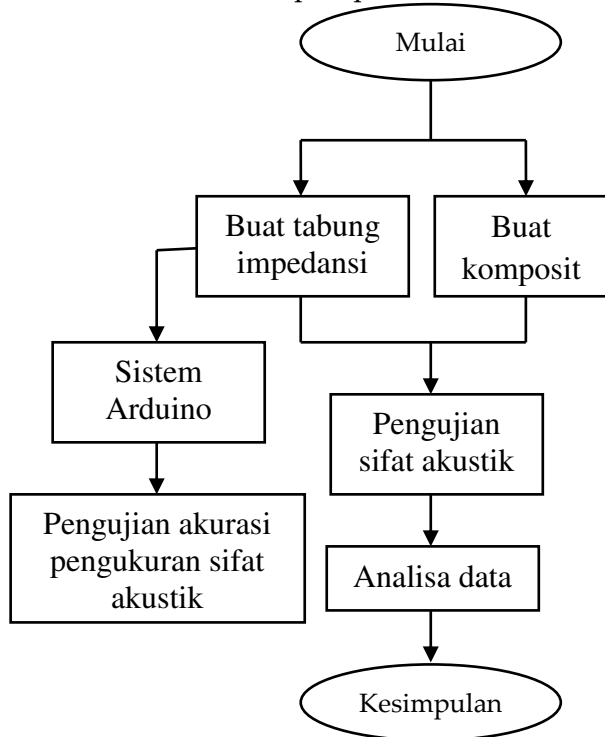
Batas atas frekuensi (f_u) dapat ditentukan dari besar diameter tabung yang dipilih dengan kondisi $d < 0,58\lambda_0$. Batas bawah frekuensi ditentukan pada jarak antara mikrofon (s_0) dengan kondisi $s_0 > 0,05\lambda_1$. Sehingga batas atas frekuensi untuk (s_0) ditentukan dengan kondisi $f_u s_0 < 0,45c_0$. Jarak antara sumber bunyi dengan mikrofon adalah x dan jarak antara bahan uji dengan mikrofon terdekat adalah x_1 ditentukan dengan kondisi $x > 3 \cdot d$ dan $x_1 \geq 2 \cdot d$, maka panjang tabung impedansi untuk pengukuran koefisien serap bunyi yaitu

$$l = x_1 + x + s_0 \quad (6)$$

II. METODOLOGI

Pembuatan alat ukur sifat akustik material meliputi Pipa PVC, Buzzer, Mikrofon, Modul arduino, LCD 16x4 dan Modul LCD I2C, Lem pipa, Kabel, Function generator, SLM, Osiloskop, Gergaji besi, Bor, Penutup pipa, dan penyambung pipa. Pembuatan material

uji meliputi lem, Serat daun nanas, NaOH 3%, blender, cetakan, dan pompa hidrolis.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pembuatan tabung impedansi dengan cara pipa dipotong dengan diameter $\frac{3}{4}$ inci dengan panjang 42 cm dan diameter $1\frac{1}{2}$ inci dengan panjang 50 cm berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya. tempat peletakan sampel dibuat dengan tebal maksimal 2 cm. Pipa dilubangi sebagai tempat untuk meletakkan sensor mikrofon dengan menggunakan bor. Sensor mikrofon digunakan untuk mengukur parameter fisis berupa intensitas bunyi. Tabung dihubungkan arduino yang telah dilengkapi program dengan sensor mikrofon menggunakan kabel USB sehingga hasil pembacaan dari sensor akan ditampilkan di LCD dan PC. Buzzer dipasang di ujung pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inci.

Karakterisasi sensor sangat penting sebelum uji akurasi tabung impedansi. Karakterisasi dilakukan untuk memperoleh persamaan karakteristik dari sensor mikrofon yang nantinya dikonversi menjadi output digital. Pengujian awal menggunakan Sound Level Meter (SLM) untuk karakterisasi mikrofon jenis Sound Analog Sensor (SAS)-V2. Sensor mikrofon

dan SLM diletakkan dalam tempat dengan kondisi (sejajar dan berdekatan) kemudian diberikan sumber bunyi frekuensi 1 kHz dengan variasi amplitudo bunyi. Hasil keluaran nilai sensor SAS-V2 (Bit) dicatat dan dibandingkan dengan nilai SLM (dB) hingga didapatkan grafik antara intensitas SLM dan nilai keluaran sensor SAS-V2. Dari grafik karakterisasi tersebut kemudian didapatkan suatu persamaan linier yang akan dimasukkan kedalam suatu listing program arduino sehingga sensor SAS-V2 siap untuk pengujian selanjutnya.

Kalibrasi tabung impedansi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan SAS-V2 yang telah dikarakterisasi menggunakan SLM standar sehingga diperoleh suatu grafik korelasi antara keduanya. Setelah dilakukan kalibrasi dari masing-masing sensor SAS-V2, maka alat tabung impedansi dapat diuji keakurasiannya dengan mengukur nilai koefisien absorpsi, koefisien refleksi dan koefisien transmisi dari suatu bahan uji. Bahan uji tersebut dipotong sesuai diameter tabung dengan tebal maksimal 2 cm, kemudian sampel diletakkan dalam holder. Tabung impedansi dilengkapi dengan suatu sistem arduino uno dan LCD 16x4 untuk memudahkan melakukan pengukuran. Alat ukur tabung impedansi dinyalakan dan diukur tingkat intensitas bunyi pada masing-masing ruang sesuai Tabel 2. Pengukuran dilakukan dengan memvariasikan frekuensi dari 125, 250, 500, 750, dan 1000 Hz.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kalibrasi

Proses kalibrasi sensor SAS-V2 dilakukan dengan melakukan pengambilan data ukur dari kelima sensor secara bersamaan dengan SLM standar pada jarak yang sama dengan sumber bunyi (1 KHz). Pengukuran dimulai dari intensitas 45,5 dB sampai dengan 101,5 dB. Besarnya nilai korelasi untuk masing-masing sensor yaitu sensor SAS-V2 1 98,89%; sensor SAS-V2 2 98,85%; sensor SAS-V2 3

98,75%; sensor SAS-V2 4 98,63%; dan sensor SAS-V2 5 98,62%.

Alat ukur dikalibrasi lagi menggunakan sampel uji berupa *plywood* 3/8" karena *plywood* 3/8" sudah mempunyai data yang

ditunjukkan pada buku (referensi) sehingga dapat dijadikan sampel standar. Koefisien serapan dihitung menggunakan Persamaan (1) dan (2). Alat ukur akustik tabung impedansi

Tabel 1. Koefisien serapan *plywood* 3/8"

<i>Plywood</i> 3/8"	S_0 (m)	Frekuensi (Hz)				
		125	250	500	750	1000
Referensi		0,280	0,220	0,170	-	0,090
Percobaan	0,21	0,288	0,217	0,187	0,057	0,083
	0,11	0,375	0,264	0,377	0,038	0,189
	0,01	0,325	0,226	0,285	0,011	0,276

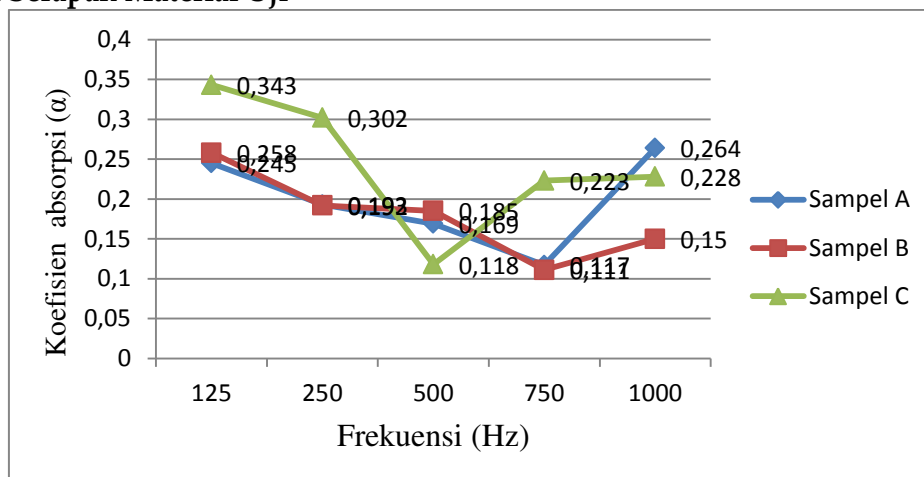
Dari data pada Tabel 1 besarnya nilai koefisien serapan *plywood* 3/8" hampir sama dengan yang ditunjukkan oleh referensi pada jarak $S_0 = 20$ cm. Koefisien serapan didapatkan pada rentang frekuensi 81,67 Hz sampai 735 Hz karena jangkauan alat mampu menangkap frekuensi bunyi dengan baik pada rentang tersebut. Berdasarkan

nilai koefisien tersebut diketahui bahwa untuk jarak antara mikrofon (S_0) 21 cm merupakan jarak yang paling tepat untuk mengukur tingkat intensitas bunyi pantul dibandingkan jarak (S_0) yang lain karena menghasilkan nilai koefisien serapan *plywood* 3/8" hampir sama dengan yang ditunjukkan oleh referensi.



Gambar 4. Alat Ukur Akustik Tabung Impedansi

3.2 Koefisien Serapan Material Uji



Gambar 5. Grafik koefisien absorpsi material uji

Nilai koefisien serapan (α) minimum material (bahan) untuk dapat dikategorikan sebagai material peredam suara menurut ISO 11654 yaitu 0,15. Dari grafik terlihat semua sampel uji bersifat absorpsi ($\alpha \geq 0,15$) pada frekuensi rendah (125 Hz-500 Hz) dengan nilai koefisien serapan dari 0,192 sampai 0,343. Untuk sampel C pada frekuensi rendah dibawah 500 Hz memiliki koefisien absorpsi paling besar yaitu 0,343 (125 Hz) tetapi pada frekuensi 500 Hz sampel C bersifat pemantul karena ($\alpha < 0,15$).

Ketika frekuensi terus ditinggikan koefisien serapan sampel C mengalami kenaikan di frekuensi 750 Hz-1000 Hz dengan koefisien serapan 0,223 sampai 0,228. Berdasarkan hal tersebut, semua material uji bersifat *absorber* pada frekuensi rendah ≤ 500 Hz, kecuali sampel C bersifat *reflector* pada frekuensi 500 Hz. Sedangkan pada frekuensi sedang 750 Hz bersifat *reflector* dan pada frekuensi 1000 Hz semua material uji kembali bersifat *absorber*. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sampel C lebih baik digunakan sebagai *absorber* bunyi untuk frekuensi rendah ≤ 500 Hz sedangkan pada frekuensi tinggi di 1000 Hz sampel A lebih baik untuk digunakan sebagai *absorber* dibandingkan sampel yang lain.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Telah dibuat alat ukur sifat akustik material berbasis *platform* arduino dengan *range* pengukuran intensitas dari 45,5 dB sampai 101,5 dB. Alat yang dibuat memiliki jangkauan frekuensi terbaik antara 81,67 Hz sampai 735 Hz. Alat ukur dapat mengukur karakteristik sifat akustik yaitu koefisien absorpsi, refleksi, dan transmisi dari suatu material.
2. Alat ukur telah dikalibrasi menggunakan sampel standar dengan nilai koefisien serapan untuk frekuensi 125 Hz-1000 Hz secara berturut-turut 0,217 $\pm$ 0,032; 0,187 $\pm$ 0,023; 0,057 $\pm$ 0,006; dan 0,083 $\pm$ 0,014.

3. Sifat akustik material uji papan serat daun nanas dengan perbandingan fraksi volume untuk sampel A memiliki nilai mencapai $\bar{\alpha} = 0,198$ $\bar{\rho} = 0,802$ $\bar{\tau} = 0,04$ pada rentang frekuensi 125-1000 Hz. Pada sampel B memiliki nilai mencapai $\bar{\alpha} = 0,179$ $\bar{\rho} = 0,821$ $\bar{\tau} = 0,054$ pada rentang frekuensi 125-1000 Hz. Sampel C memiliki nilai mencapai $\bar{\alpha} = 0,243$ $\bar{\rho} = 0,757$ $\bar{\tau} = 0,081$ pada rentang frekuensi 125-1000 Hz.
4. Material uji dengan perbandingan fraksi volume bersifat *absorber* pada frekuensi rendah ≤ 500 Hz dan 1000 Hz, kecuali sampel C bersifat *reflector* pada frekuensi 500 Hz.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Asade, F. and Ikhwanisyah, I., 2013. *Perancangan Tabung Impedansi dan Kajian Eksperimental Koefisien Serap Bunyi Paduan Aluminium-Magnesium*. Medan: Departemen Teknik Mesin USU.
- Doelle, L. L., 1993. *Akustik Lingkungan*. Jakarta: Erlangga.
- Halliday and Resnick., 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Harahap, R.N., 2010. *Kajian Eksperimental Karakteristik Material Akustik dari Campuran Serat Batang Kelapa Sawit dan Polyurethane dengan Metode Impedansi Tube*. Tugas Skripsi, USU.
- Jacobus, L., 2013. *Otomatisasi Sistem Pengukuran Serapan Akustik Bahan Menggunakan Tabung Impedansi Dua Mikrofon*. Fakultas Sains dan Komputer Universitas Kristen Immanuel.
- Khuriati. A., Komaruddin, E., and Nur, M., 2006. Desain Peredam Suara Berbahan Dasar Serabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyi. *Berkala Fisika*, 9 (1), 15-25.

- Mitrayana and Fajar W A., 2013. *Rancang Bangun Alat Ukur Koefisien Serapan Akustik*. Lab Fisika Atom-Inti Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Sari, S., Erwin, and Krisman, 2013. *Pengukuran TingkatPenyerapsan Bunyi Kepingan Batang Kelapa Sawit dengan Menggunakan Tabung Tabung Impedansi*. FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.
- Satwiko, P, 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Andi.
- Suptandar, J. P., 2004. *Faktor Akustik dalam Perancangan Desain Interior*. Jakarta: Djambatan.
- Young, H., 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.