

---

# Otomatisasi Sistem Pengukuran Serapan Akustik Bahan Menggunakan Tabung Impedansi Dua Mikrofon

**Liefson Jacobus**

Fakultas Sains dan Komputer, Universitas Kristen Immanuel

e-mail: [liefukrim@gmail.com](mailto:liefukrim@gmail.com)

## **Abstrak**

*Sistem akuisisi data yang otomatis dengan biaya rendah berbasis mikrokontroler telah dikembangkan untuk mengukur koefisien serapan akustik bahan menggunakan tabung impedansi 2 mikrofon. Keluaran ditampilkan dalam dimensi tegangan (volt) dan taraf intensitas (dB). Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun prototype alat ukur serapan akustik bahan. Taraf intensitas pada SAD dikalibrasi dengan menggunakan Sound level meter Standar tipe Extech 407730. Hasil validasi menunjukkan bahwa tingkat akurasi dari VSLM-LJMA8535 sensor1 diperoleh 96,3%, sensor 2 akurasinya 95,7% dan sensor 3 akurasinya 96,3%, range pengukuran 75 – 110 dB dengan toleransi/tingkat ketelitian  $\pm 0,05$  dB dan sensitifitas sensor1 adalah 4,47 dB/V, sensitifitas sensor2 5,73 dB/V dan sensitifitas sensor3 4,47 dB/voltV. Dalam penelitian ini VSLM-LJMA8535, dapat digunakan untuk mengukur koefisien serapan akustik bahan beberapa jenis kayu.*

**Kata kunci**— *sound level meter, otomatis, mikrokontroler, koefisien serapan*

## **1. PENDAHULUAN**

Pengetahuan akan serapan bunyi pada suatu bahan semakin meningkat seiring dengan perkembangan kebutuhan khususnya dalam aplikasi desain ruangan akustik. Karena itu penting untuk terus dilakukan penelitian dan pengukuran akan serapan bunyi suatu bahan.

Pada proses pengukuran secara umum dibutuhkan pengetahuan meliputi masalah deteksi, pengolahan, pengaturan dan analisis data (Junaidi, 2012). Mengukur adalah menentukan suatu besaran fisik dari suatu benda dengan cara membandingkan benda itu dengan besaran satuan (Blocher, 2001). Pengertian lain Mengukur adalah membandingkan suatu nilai yang terukur dengan alat ukur lain yang telah terkalibrasi sebagai referensi (Morris, 2001). Dengan demikian pengukuran merupakan suatu proses yang sangat penting dalam menjelaskan suatu gejala alam secara kuantitatif yang umumnya dalam bentuk angka.

Suara adalah gelombang mekanik yang dihantarkan oleh medium yaitu umumnya udara (Silvia, 2012). Kualitas dan kuantitas suara ditentukan antara lain oleh intensitas (*loudness*), frekuensi, periodesitas (kontiniu atau terputus) dan durasinya. Suara yang dihasilkan oleh suatu sumber bunyi bisa meneduhkan atau sebaliknya bisa mengganggu. Dalam taraf kebisingan yang tinggi maka orang merasa tidak nyaman.

Setiap bahan mempunyai sifat serapan yang berbeda-beda terhadap suara. Koefisien serapan bahan didefinisikan sebagai perbandingan dari energi yang diserap terhadap energi yang datang. Salah satu cara mengukur serapan akustik bahan adalah metode tabung impedansi. Metode ini dilakukan dengan menggunakan tabung PVC yang salah satu sisinya diletakkan loudspeaker dan sisi lainnya adalah sampel uji, kemudian dua mikrofon dipasang pada tabung impedansi pada jarak tertentu .

Kelemahan metode di atas adalah masih manual, pengambilan datanya dengan mengukur tegangan keluaran mikrofon secara manual dan pemrosesan (konversi dari tegangan ke *decibel*) juga secara manual. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan peralatan yang lebih otomatis dan terkomputerisasi.

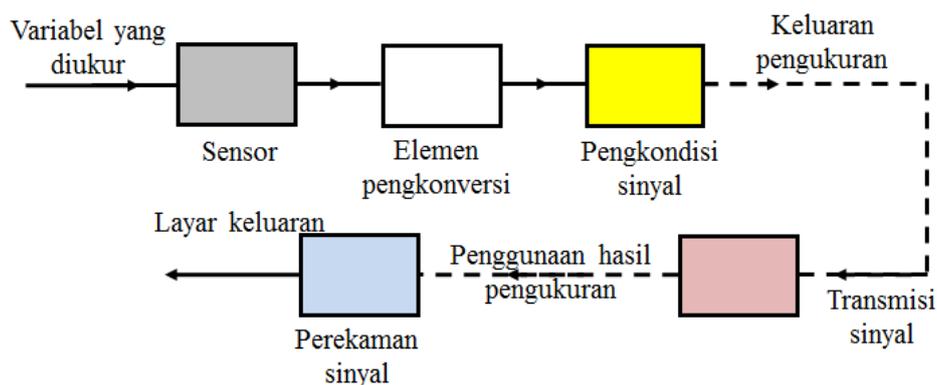
Dalam penelitian ini, akan dirancang dan dibangun sistem pengukuran serapan bahan tabung impedansi dua mikrofon yang otomatis dan terkomputerisasi *multi channel*. Pengukuran respon sensor dalam dimensi volt yang kemudian dikonversi ke decibel. Kelebihan alat ukur ini selain harganya yang relatif murah dan mudah dibawa-bawa (*Portable*). Manfaat dari penelitian ini adalah diperolehnya *prototype* otomatisasi sistem pengukuran serapan bahan menggunakan sound level meter, yang otomatis, terkomputerisasi dan *real time*

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Tahap Pengukuran

Tahap-tahap pengukuran dimulai dari variabel yang diukur sampai dengan bagaimana hasil pengukuran tersebut ditampilkan. Elemen-elemen sistem pengukuran antara lain (Junaidi, 2012):

1. Pendeteksi (sensor/transduser), yaitu elemen yang pertama kali menerima sinyal dari medium yang diukur dan menghasilkan keluaran yang sangat tergantung pada besaran yang diukur (*measurand*).
2. Pengubah variabel, yaitu elemen yang mengubah sinyal keluaran dari sensor/transduser yang berupa variabel fisis seperti temperatur atau tegangan listrik menjadi variabel lain yang lebih sesuai, namun tetap mengandung informasi sinyal aslinya.
3. Pengkonversi variabel, yaitu elemen yang berfungsi mengubah variabel yang dihasilkan dari elemen pengubah variabel. Konversi disini diartikan sebagai suatu perubahan yang tidak mengubah sifat fisis dari variabel yang dikonversi. Misalnya suatu penguat elektronik yang menerima sinyal tegangan kecil sebagai masukan dan menghasilkan sinyal keluaran yang tetap berupa tegangan tetapi menjadi beberapa kali lipat lebih besar dari masukannya.
4. Transmisi data, yaitu elemen yang berfungsi untuk mentransmisikan data hasil pengukuran dari satu elemen ke elemen lainnya yang tersusun secara terpisah.
5. Penyaji data, yaitu suatu elemen yang berfungsi untuk menyajikan variabel yang diukur untuk tujuan *monitoring*, pengendalian maupun analisis. Informasi tersebut harus disajikan dalam bentuk yang dapat diterima oleh salah satu indra manusia.

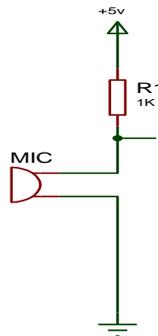


Gambar 1. Elemen sistem pengukuran

### 2.2 Blok input (condenser microphone)

Blok ini terdiri dari mikrofon kondenser dirangkai seri dengan sebuah resistor R1 yang terhubung pada catu daya 5V. Resistor berfungsi sebagai pembagi tegangan agar ketika ada

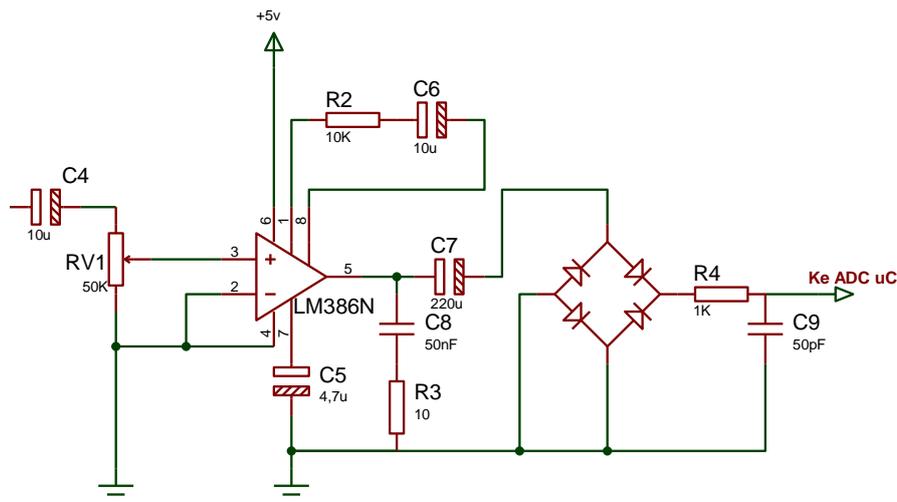
gelombang suara yang mengenai mikrofon maka akan terjadi perubahan tegangan antara kedua kaki mikrofon (Gambar 2)



Gambar 2. Rangkaian blok input

### 2.3 Blok Penguat

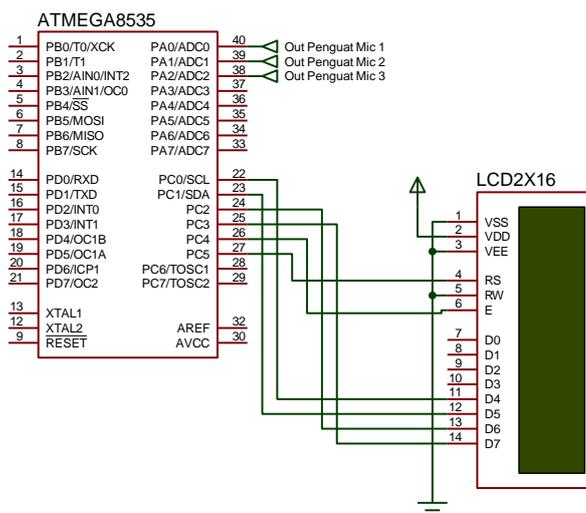
Pada bagian ini terdapat op-amp LM 386 yang berfungsi sebagai penguat, trimpot 50K sebagai pengatur level *input*, R1 dan C6 sebagai pengatur penguatan, Sedangkan C7 sebagai filter. Sinyal keluaran dari kaki 5 LM 386 masih berbentuk AC padahal *input* ADC pada mikrokontroler membutuhkan tegangan DC sehingga harus disearahkan dulu dengan penyearah gelombang penuh yang terdiri dari 4 dioda. Selanjutnya sinyal dilewatkan pada *lowpass filter* untuk meloloskan frekuensi rendah dan diteruskan ADC.



Gambar 3. Rangkaian blok penguat mikrofon

### 2.4 Blok Pemroses

Pada bagian ini sinyal diproses oleh mikrokontroler ATmega 8535 dari sinyal ADC dalam diubah menjadi tegangan dan hasilnya diperlihatkan dalam LCD 2x16 dan juga dikirim ke Komputer melalui komunikasi serial. Sinyal dari *output* penguat mikrofon masuk ke port ADC0, ADC1 dan ADC2 sedangkan LCD yang terhubung melalui Port C. Rangkaian *input* dan *output* blok pemroses seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian blok pemroses

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Konversi Alat Ukur VSLM

Proses konversi alat ukur dari tegangan menjadi taraf intensitas dilakukan dengan melakukan pengambilan data ukur dari ketiga *input* sensor secara bersamaan dengan SLM standar pada jarak yang sama dari sumber bunyi. Pengukuran dimulai dari taraf intensitas 75 dB sampai dengan 110 dB pada setiap kenaikan 1 dB. Diambil 20 data pada setiap taraf intensitas selanjutnya dirata-ratakan dan dicari fungsi yang menggambarkan hubungan antara tegangan dan taraf intensitas tersebut. Diperoleh korelasi  $y_1 = -0,3377x_1^3 + 0,0544x_1^2 + 12,542x_1 + 103$ ,  $y_2 = -0,2072x_2^3 + 0,5201x_2^2 + 12,594x_2 + 103,5$  dan  $y_3 = -0,0032x_3^3 + 0,8004x_3^2 + 14,228x_3 + 101,61$ , dengan  $y_{1,2,3}$  adalah Taraf intensitas/TI<sub>1,2,3</sub> (dB) dan  $x_{1,2,3}$  adalah tegangan<sub>1,2,3</sub> (volt)

#### 3.2 Akurasi Alat Ukur VSLM

Tingkat akurasi alat ukur VSLM diperoleh dari membandingkan hasil pengukuran dengan Sound level meter standar untuk tingkat TI dari 70 dB sampai dengan 110 dB.

Dari grafik hasil pengukuran dapat dilihat bahwa tingkat akurasi berbeda pada setiap taraf intensitas. Untuk mencari nilai akurasi dipakai metode ralat maksimal yakni selisih terbesar antara titik ukur dengan nilai acuan (Gambar 5. garis linier warna hitam). Pada sensor 1 diperoleh tingkat akurasi 96,3%, sensor 2 akurasi 95,7% dan sensor 3 akurasi 96,3%.

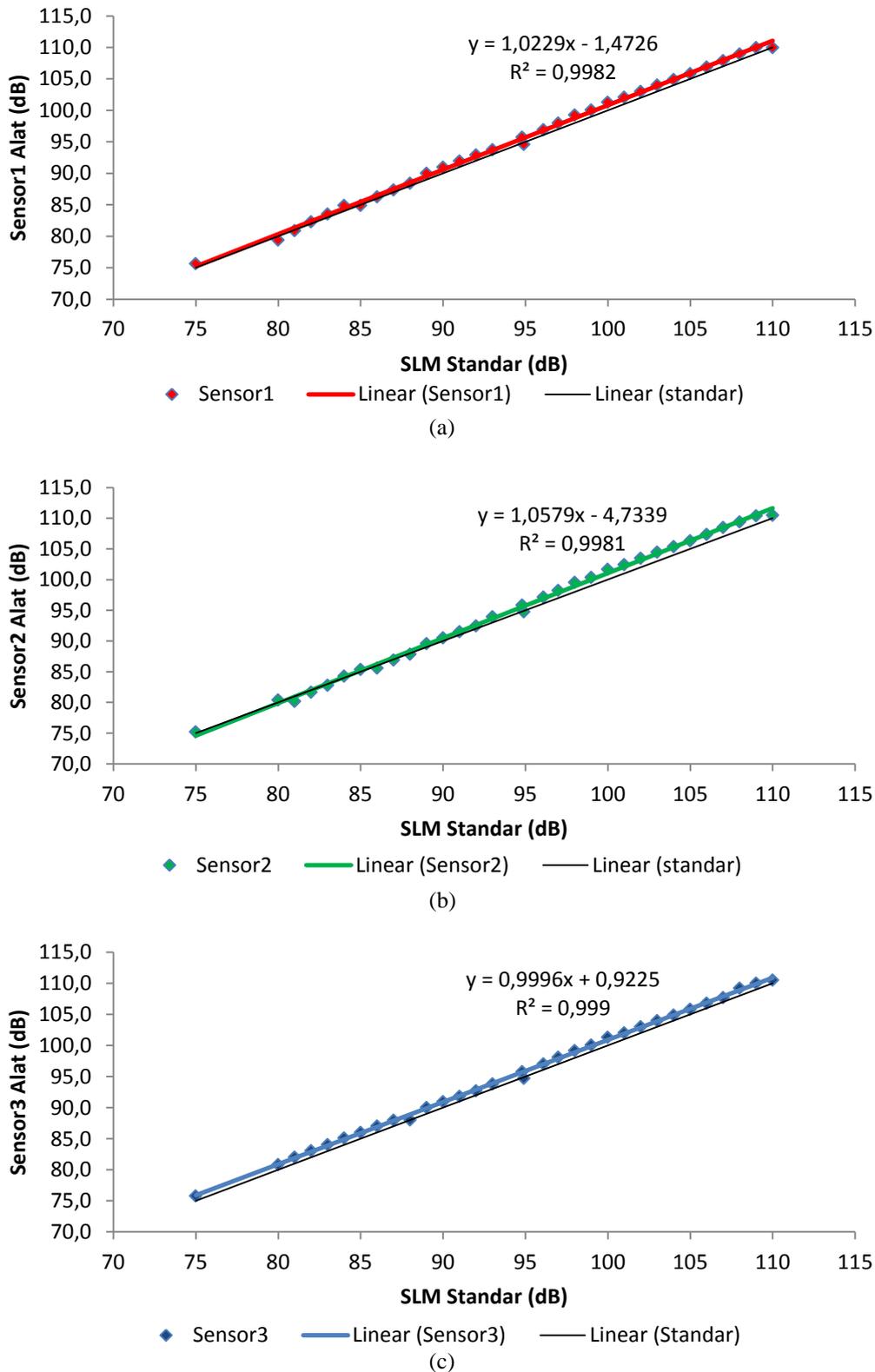
#### 3.3 Presisi/Ripitibilitas Alat Ukur VSLM

Uji ketepatan (presisi) dan pengulangan (*ripitibilitas*) alat ukur VSLM dilakukan pada tiga daerah pengukuran yang berbeda. Pembacaan pengukuran dilakukan per detik selama 300 detik. Hasil pembacaan pengukuran tingkat presisi/ripitibilitas alat ukur pada taraf intensitas tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

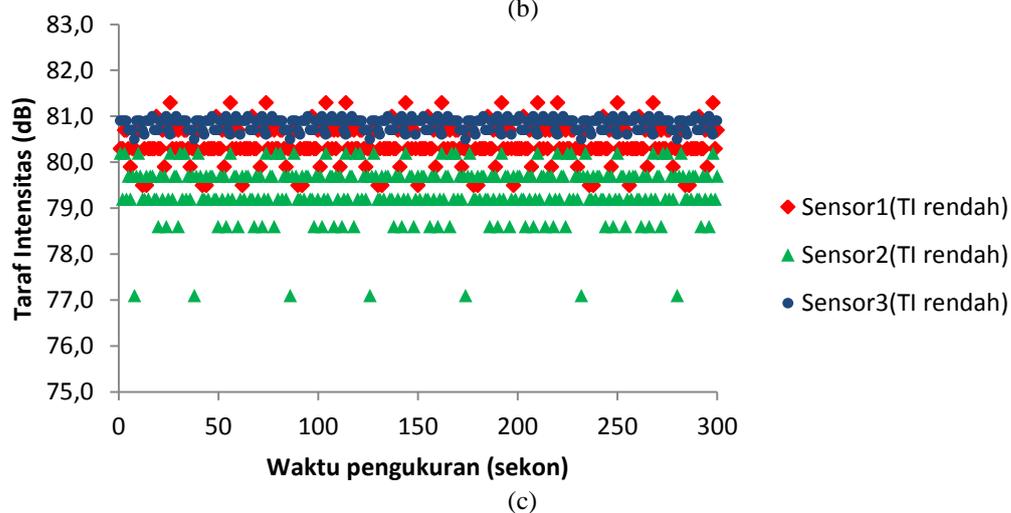
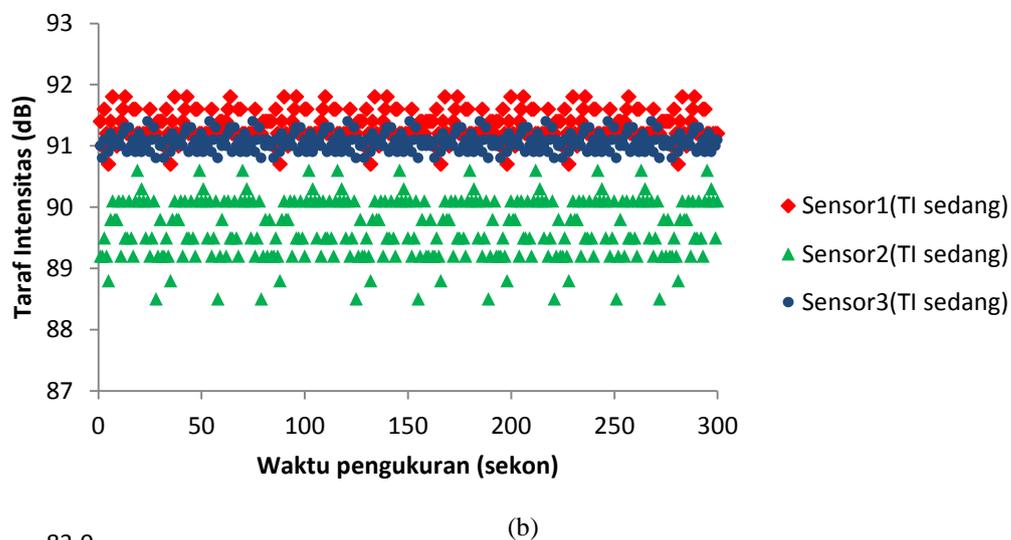
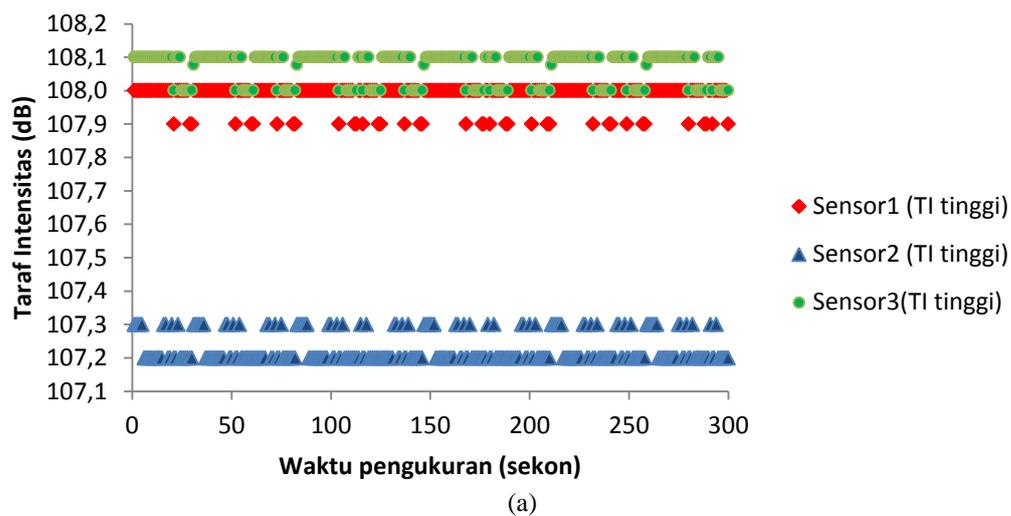
Hasil pengukuran pada ketiga taraf intensitas didapatkan tingkat presisi/ripitibilitas dan stabilitas alat pada area TI rendah untuk sensor1 98,5%, sensor2 96,7% dan sensor3 99,5%. Pada taraf intensitas sedang, tingkat presisi sensor1 99,2%, sensor2 99,0% dan Sensor3 99,4%, sedangkan taraf intensitas tinggi, tingkat presisi sensor1 99,9%, sensor2 99,9% dan Sensor3 99,9%.

#### 3.4 Range Alat Ukur VSLM

Nilai minimum pengukuran taraf intensitas sebesar 75,0 dB dengan *interval* minimal 0,1 dB. Nilai maksimum pengukuran 110,0 dB. Dengan menggunakan persamaan (3.29), maka jangkauan pengukuran dari alat ukur 35 dB.



Gambar 5. (a) Grafik uji Sensor1, (b) Sensor2, (c) sensor3 alat VSLM versus SLM Standar



Gambar 6. Pengujian presisi/repeatibilitas alat ukur pada taraf intensitas tinggi, sedang dan rendah (a) TI tinggi, (b) TI sedang, (c) TI rendah

### 3.5 Toleransi/Tingkat Ketelitian dan Resolusi Alat Ukur VSLM

Tingkat ketelitian  $\pm 0,05$  dB. Nilai tingkat ketelitian ini diperoleh dari setengah nilai *interval* minimal alat ukur VSLM.

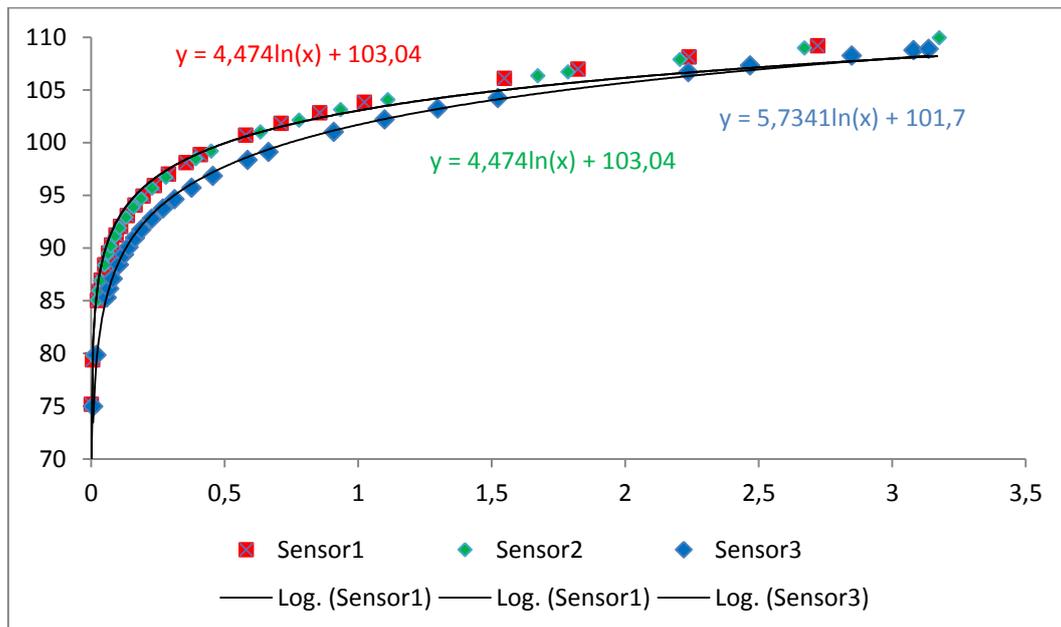
Tingkat resolusi alat ukur VSLM diperoleh bahwa resolusi alat ukur adalah 0,03 dB.

### 3.6 Ralat/Error Alat Ukur VSLM

Ralat Sensor1 sebesar 3,7%, sensor2 4,3% dan Sensor3 3,7%. Jika dibandingkan dengan ralat dari SLM standar 2,2% (dari manual alat ukur) masih tergolong cukup baik.

### 3.7 Sensitivitas Alat Ukur VSLM

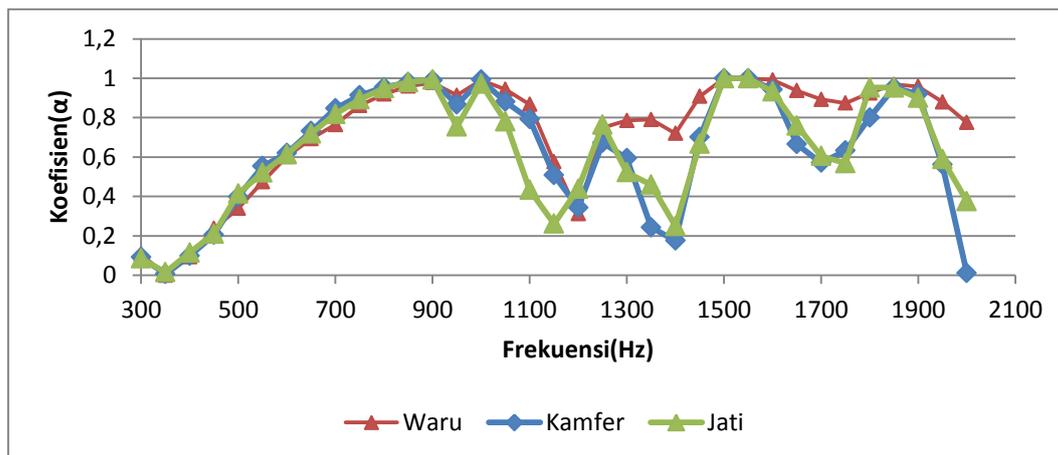
Pengukuran nilai sensitifitas dan linieritas dari alat dilakukan dengan memvariasi taraf intensitas sumber bunyi seperti ditunjukkan pada Gambar 7 diperoleh sensitivitas dari sensor1 adalah 4,47 dB/volt, sensitifita sensor2 5,73 dB/volt dan sensitifitas sensor3 4,47 dB/volt.



Gambar 7. Pengujian sensitifitas dan linieritas alat ukur VSLM

### 3.8 Pengujian Serapan Akustik bahan dengan Tabung Impedansi dua mikrofon

Hasil pengukuran untuk menentukan koefisien serapan akustik bahan bisa dilihat gambar 8 menunjukkan grafik koefisien serapan bahan terhadap frekuensi untuk jenis kayu waru, kamfer dan jati. Data diambil untuk frekuensi 300 Hz sampai 2000Hz. Dari grafik terlihat bahwa pada frekuensi 300 sampai 900 Hz ketiga kayu cenderung sama, perbedaan tampak pada frekuensi 1300 Hz sampe 2000 Hz di mana koefisien serapan akustik kayu kamfer umumnya lebih rendah dibanding koefisien serapan akustik kayu waru.



Gambar 8. Pengujian pengukuran serapan akustik bahan kayu waru, kayu kamfer dan kayu jati

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan validasi alat ukur VSLM dengan alat ukur SLM standar, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat akurasi alat ukur diperoleh untuk Sensor1 96,3%, Sensor2 95,7% dan Sensor3 96,3%.
2. Tingkat presisi/repeatibilitas dan stabilitas alat ukur diperoleh untuk sensor1 98,5% - 99,9%, Sensor2 96,7% - 99,9% dan Sensor3 99,4% - 99,9%. Range pengukuran alat ukur 75,0 dB – 110,0 dB dengan tingkat ketelitian sebesar  $\pm 0,05$  dB.
3. Tingkat sensitifitas alat ukur sensor1 4,47 dB/Volt, sensor2 5,73 dB/Volt dan sensor3 4,47 dB/Volt.
4. Alat ukur VSLM dapat digunakan untuk mengukur serapan akustik bahan menggunakan tabung impedansi 2 mikrofon.

#### 5. SARAN

Untuk kesempurnaan alat ukur VSLM, perlu dirancang rangkaian sensor dan penguat yang lebih peka pada taraf intensitas di bawah 70 dB sehingga range ukur bisa lebih lebar. Perlu ditambah program agar *output* yang muncul di lcd dan PC langsung dalam nilai koefisien serapan akustik bahan. Hal lain perlu ditambahkan adalah perancangan tabung impedansi diupayakan agar pengaruh getaran dari sumber bunyi tidak merambat melalui pipa tabung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blocher, Richard, 2001, *Elektronika Dasar*, Andi, Yogyakarta.
- [2] Cox, T.J. and D'Antonio, P. (2004). *Acoustic Absorbers and Diffusers*. SPON Press. Taylor & Francis Group
- [3] Fowler, K., 2006, Data Processing in Measurement Instrumentation, *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*
- [4] Fraden, J., 1996, *Handbook Of Modern Sensors: Physics, Designs and applications, Second Edition*, Springer-Varlag New York Inc
- [5] Gea, N., 2012, Studi Eksperimen Media Cair Terhadap Penurunan Nilai Taraf Intensitas Bunyi, *Skripsi*, Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta.
- [6] Gulo, S.S.F., 2012, Rancang Bangun dan Uji Alat Detektor Kebisingan Suara Berbasis Mikrokontroler, *Skripsi*, Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta.

- [7] Junaidi, 2012, Automation Measurement System Optical Characteristic of Ammonia Gas Sensor, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [8] Morris, A.S., 2001, *Measurement and Instrumentation Principles*, British Library Cataloguing in Publication Data
- [9] Seybert, A.F., Ross, D.F., 1976, Experimental determination of acoustic properties using a two microphone random-excitation technique., *J.Acoustic. Soc. Am.*, Vol. 61, No. 5, May 1977.
- [10] Soebhakti, H., 2007, *Basic AVR Mikrokontroller Tutorial*, Electrical Engineering– Batam Polytechnic, Batam.
- William D. C., 1994, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Erlangga, Jakarta.