

PELATIHAN TEKNIK KALIBRASI

“SOUND LEVEL METER DAN PERHITUNGAN KETIDAKPASTIAN” dengan metode Coupler

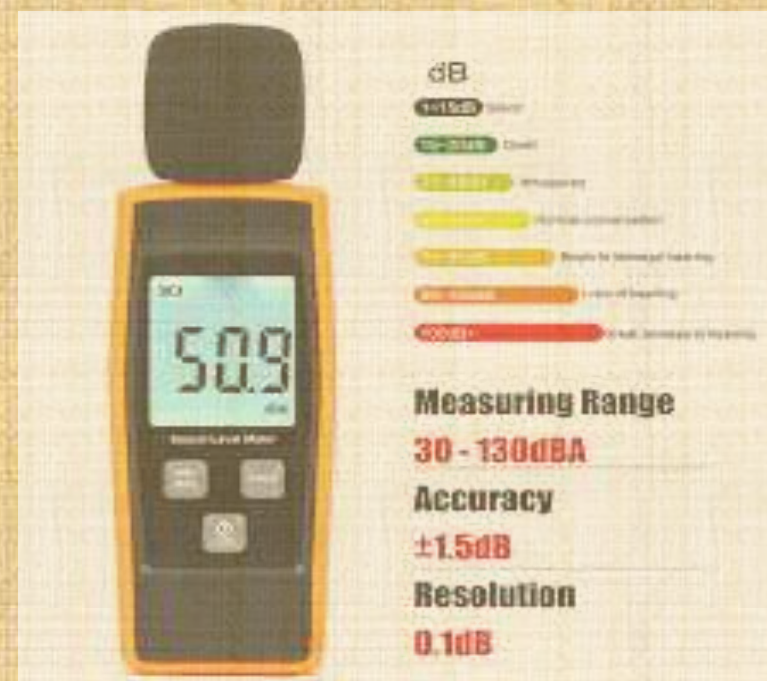


Pelaksanaan kalibrasi SLM ini pada dasarnya mengacu pada IEC 61672-3 (2013), “Electro Acoustics Sound Level Meters; Periodic Tests” dan IEC 61672-1 (2013), “Electro Acoustics Sound Level Meters; Specification”.

Metode kalibrasi SLM yang disampaikan ini adalah metode coupler yang dipandang relatif mudah direalisasikan oleh laboratorium kalibrasi. Metode coupler digunakan untuk mengkalibrasi SLM pada parameter akustik (dengan menggunakan sensor mikrofon terpasang dan tidak dilepas). Lebih khusus lagi, parameter akustik yang dikalibrasi adalah frequency weighting baik weighting A maupun weighting C.

1. PENDAHULUAN

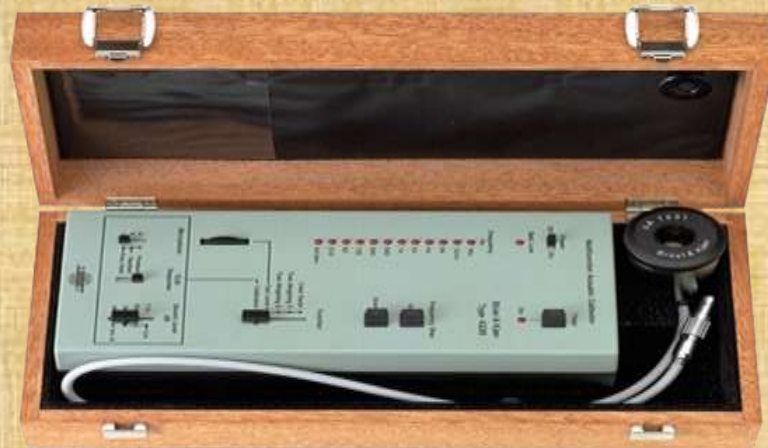
Sound Level Meter Adalah Suatu alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan, misalnya untuk mengukur kebisingan di tempat kerja (kebisingan industry), kebisingan di lingkungan bandar udara (airport noise), kebisingan dilingkungan pemukiman (environmental noise) dan lain sebagainya. Untuk menjamin kebenaran penunjukan sound level meter maka alat tersebut harus dikalibrasi secara rutin dan teratur pada setiap waktu tertentu.



1. PENDAHULUAN

untuk mengkalibrasi sound level meter secara lengkap diperlukan ruangan dan anti gema. Cara lain yang dapat diterapkan untuk mengkalibrasi sound level meter, adalah dengan menggunakan metode coupler, alat standar yang digunakan adalah “**multi frequency acoustic calibrator**”. Dimana sinyal akustik yang sudah terkalibrasi dipancarkan ke dalam acoustic coupler, kemudian sinyal akustik tadi dibandingkan dengan pembacaan soundlevel meter yang dikalibrasi.

Level Meters - Periodic Tests” dan IEC 61672-1 (2013), “Electro Acoustics Sound Level Meters - Specification”.

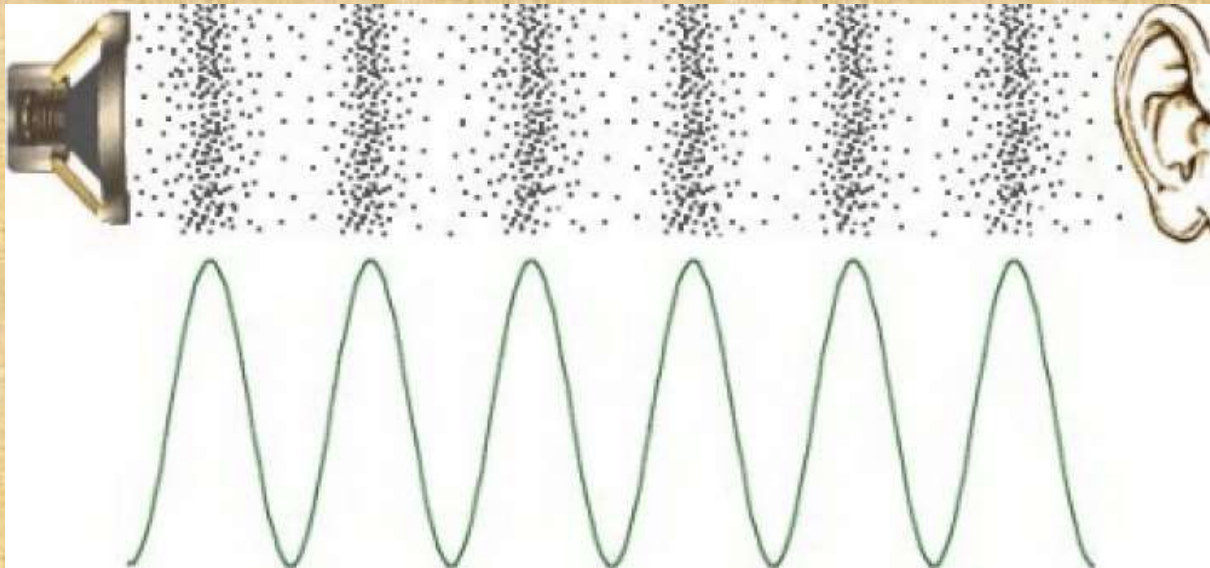


definisi

- Sound Level Meter (SLM) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan bunyi pada rentang pendengaran manusia. Sebuah SLM harus memenuhi persyaratan standar IEC 61672-1.
- Sound Pressure Level (SPL) atau tingkat tekanan bunyi adalah 20 kali logaritma dari rasio tekanan bunyi yang diberikan terhadap tekanan bunyi referensi.
- Frequency weighting adalah filter elektronik yang tersedia di dalam SLM, digunakan untuk menyaring sinyal gelombang bunyi sesuai dengan kebutuhan dalam pengukuran. Pada umumnya frequency weighting terdiri dari weighting A, C dan Z. Nilai Frequency weighting terdapat pada standar IEC 61672-1.
- Level range adalah rentang ukur level bunyi yang tersedia pada SLM.
- Unit Under Test (UUT) adalah instrumen yang dikalibrasi.

Suara Indra Pendengaran

suara ditimbulkan oleh getaran yang terjadi pada sumber getaran tersebut menyebabkan terjadinya perubahan tekanan pada medium (zat padat, zat cair, atau zat udara). Perubahan tekanan tersebut akan terdeteksi oleh telinga manusia. Sensitifitas pendengar manusia tergantung pada frekuensi suara

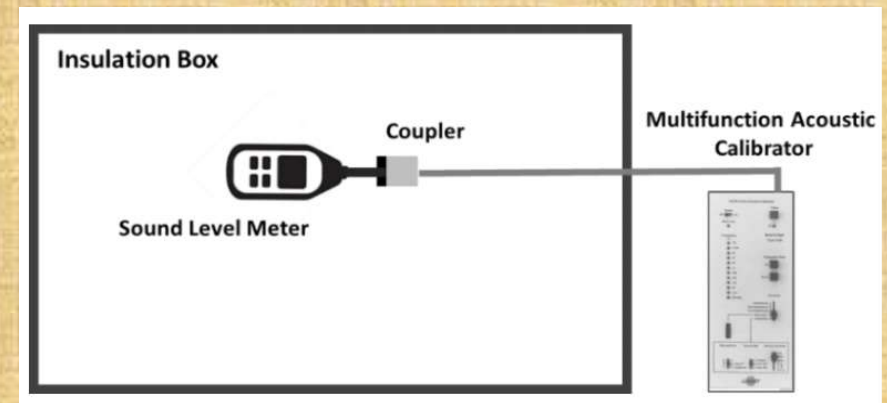


Gambar 1:
Ilustrasi terjadinya gelombang suara

- Acoustic calibrator adalah suatu alat yang menghasilkan SPL tertentu pada frekuensi 250 Hz dan atau 1000 Hz.



- Multifrequency acoustic calibrator adalah suatu alat yang menghasilkan beberapa output SPL pada beberapa frekuensi.
- Sound insulation chamber adalah media kalibrasi kedap bunyi.
- Acoustic coupler adalah sebuah media kalibrasi di mana terdapat sumber bunyi di dalamnya yang dapat diatur pada keluaran frekuensi tertentu dan SPL tertentu.



Fasilitas dan akomodasi lingkungan

4. Kondisi lingkungan

Kalibrasi SLM dilakukan dengan kondisi lingkungan sebagai berikut:

- Kelembapan Relatif : 25 sampai 70 %RH :
- Suhu : 20 sampai 26 °C
- Tekanan udara : 85 sampai 105 kPa

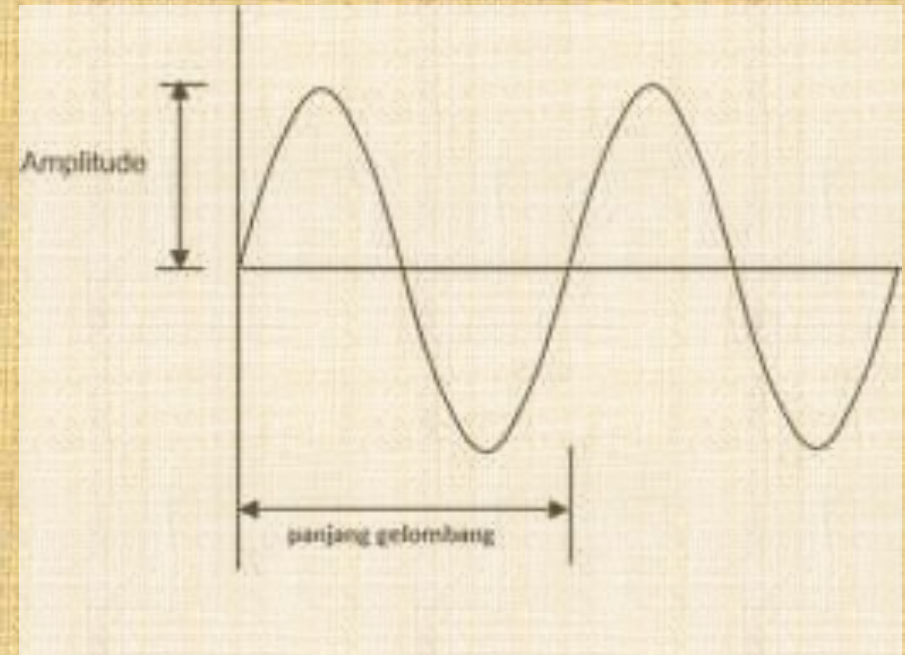
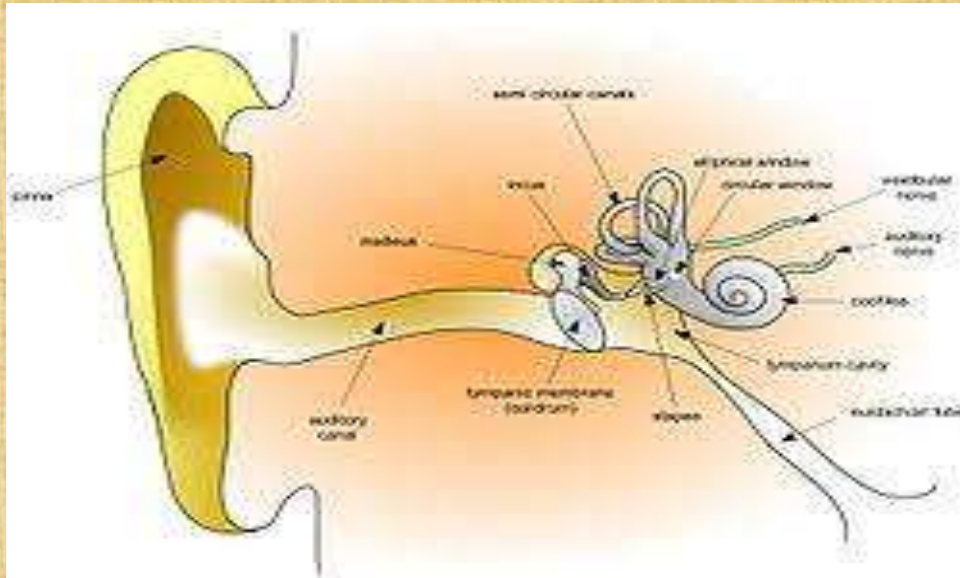
: Kalibrasi SLM tidak dapat dilakukan apabila persyaratan kondisi lingkungan di atas tidak terpenuhi.

Pada kalibrasi SLM yang dilakukan di dalam sound insulation chamber; kondisi lingkungan yang dipantau selama proses kalibrasi adalah kondisi lingkungan di dalam sound insulation chamber.

Telinga manusia dapat merasakan Perubahan tekanan pada rentang yang sangat lebar yaitu mulai dari 0.00002 pascal sampai dengan 200 pascal. namun Dalam praktiknya di lapangan untuk mengukur tingkat tekanan suara digunakan skala logaritmik dalam satuan decibel (dB).

Skala logaritmik digunakan untuk mempermudah dalam melakukan pembacaan level suara yang sangat dinamis dan berfluktuasi dengan cepat.

Skala terendah tingkat suara = 0dB, identic dengan 0.00002 Pa atau 20uPa. Dalam pengukuran akustik nilai tekanan suara sebesar 0.00002 Pa dijadikan sebagai referensi terhadap nilai decibel, misalnya 70 dB re 0.00002 Pa



Secara matematik tingkat tekanan suara (L_p) didefinisikan sebagai berikut:

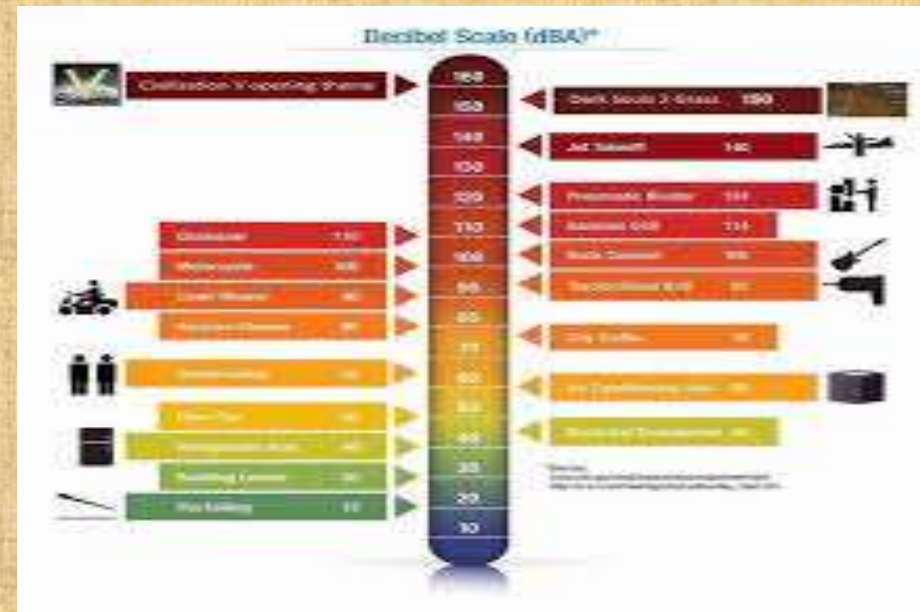
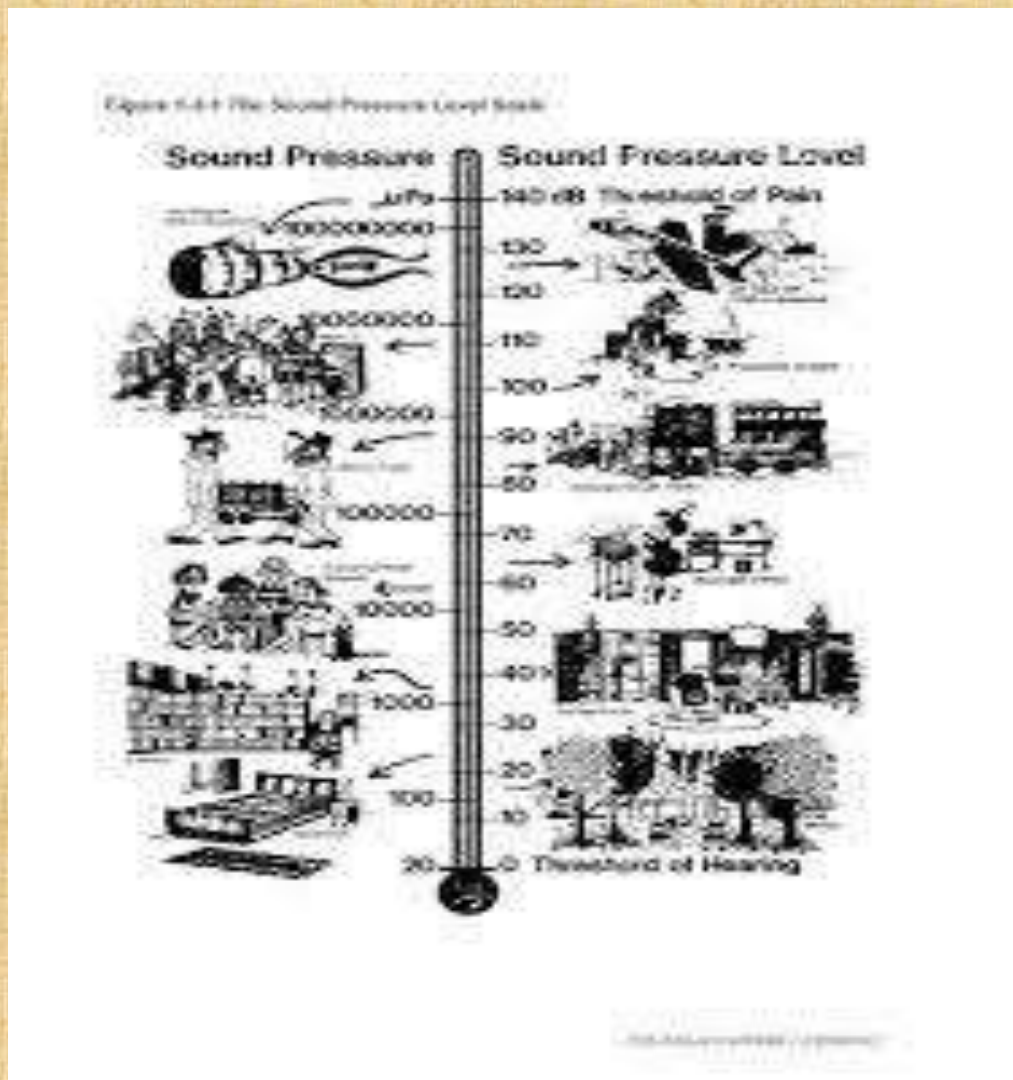
$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right) \text{ dB} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

L_p = Tingkat Tekanan Suara, Dalam dB

P = Tekanan suara dalam Pa

P_{ref} = Tekanan suara referensi = $20 \cdot 10^{-6}$ Pa atau



Gambar 2: Perbandingan antara skala tekanan suara dalam satuan pascal dan skala tingkat tekanan suara dalam satuan dB

Frekuensi Suara

Jumlah putaran atau fluktuasi tekanan suara dalam waktu 1 detik, disebut sebagai frekuensi suara. Untuk menghitung frekuensi, seseorang menetapkan jarak waktu, menghitung jumlah kejadian peristiwa, dan membagi hitungan ini dengan panjang jarak waktu.

pada sistem satuan internasional (SI) hasil perhitungan ini dinyatakan dalam satuan hertz (HZ) yang diabadikan dari seorang pakar fisika berkebangsaan Jerman yang bernama Heinrich Rudolf Hertz.

Rentang frekuensi yang dapat diterima oleh telinga manusia adalah mulai dari 20 hz S/D 20.000 hz disebut sebagai daerah frekuensi audio.

SPL (Sound Pressure Level)

- Perhitungan **nilai logaritma** dari **perbandingan** antara **tekanan suara** (sound pressure) di sebuah tempat yang diukur **terhadap tekanan suara acuan pada frekuensi 1000 Hz** (threshold of hearing).
- *Threshold of hearing* (P_0) = 2×10^{-5} Pa

$$L_p(\text{dB}) = 20 \log \frac{P}{P_0}$$



$$L_w(\text{dB}) = 94 + 20 \log P$$

Perbedaan Tingkat Suara di 2 Tempat yang Berbeda Jauhnya dari Sumber Suara:

$$L_2 = L_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

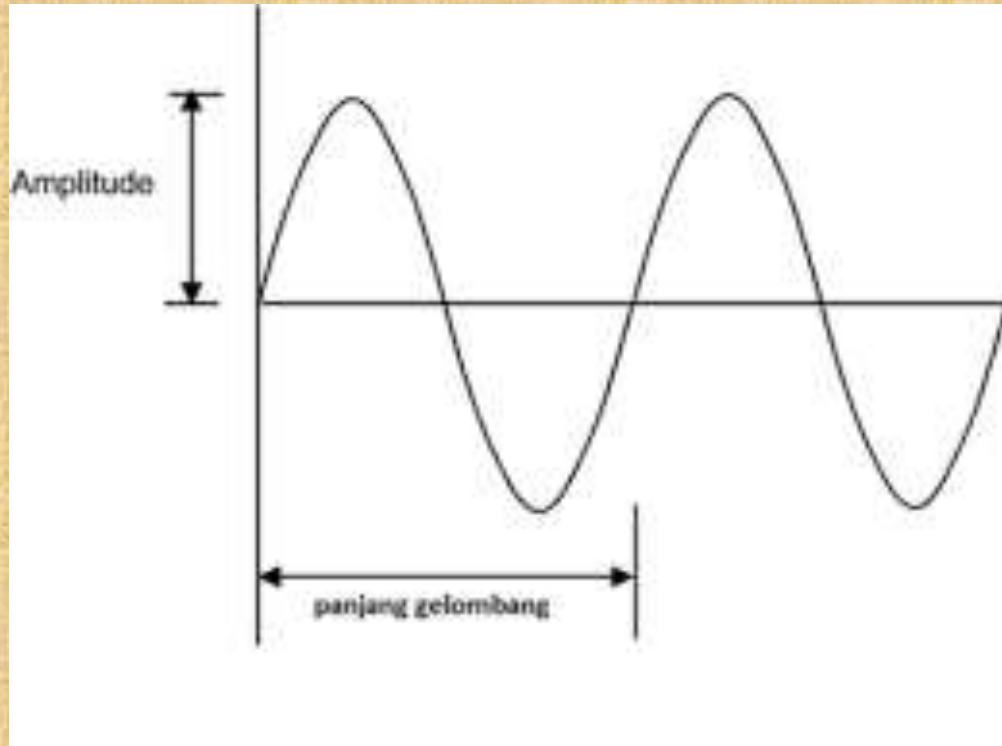
Keterangan

- L_2 = tingkat kebisingan di tempat kedua (dB)
- L_1 = tingkat kebisingan di tempat pertama (dB)
- r_2 = jarak tempat kedua terhadap pusat suara
- r_1 = jarak tempat pertama terhadap pusat suara

Secara matematik frekuensi suara dapat didefinisikan dengan

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Dalam satuan Hz(2)}$$

Keterangan : T = Periode gelombang suara



Gambar 3

Frekuensi suara yang diilustrasikan dengan gelombang sinus

Dalam pengukuran akustik sangat umum dipergunakan analisis filter dengan pita satu per satu oktaf atau 1/1 atau 1/3 oktaf.

Analisis frekuensi dengan menggunakan pita satu oktaf terdiri dari frekuensi-frekuensi tengah yang perpindahannya merupakan dua kali lipat dari nilai frekuensi yang sebelumnya.

Misalnya; 63 hz 125 hz 250 hz 500 hz 1000 hz dan seterusnya. sedangkan analisis frekuensi dengan menggunakan pita 1/3 oktaf perpindahan frekuensinya lebih dapat dibandingkan pita 1 oktaf. Dimana perpindahannya dari frekuensi awal kepada frekuensi berikutnya kurang lebih 1,26 kali frekuensi sebelumnya, misalnya; 63 hz, 80 hz, 100 hz, 125 hz, 160 hz, 200 hz, 250 hz, 315 hz, 400 hz, 500 hz, 630 hz, 800 hz, 1000 hz, dan seterusnya

$$L_w = 10 \log_{10} \frac{P_{RMS}^2}{P_{REF}^2} + 10 \log_{10} \left[\frac{4\pi r^2 P_{REF}^2}{W_{REF} \rho c} \right]$$

using $\rho c = 415 \text{ N sec/m}^3$, $W_{REF} = 10^{-12} \text{ watts}$, $P_{REF} = .00002 \text{ Pa}$, we get:

$$L_w = L_p + 20 \log_{10} r + 11 \text{ dB}$$

Equation A

Pembobotan Frekuensi (Frequency Weighting)

dalam pengukuran akustik pada umumnya menggunakan pembobotan frekuensi yang disesuaikan dengan keperluannya.

pengelompokan pembobotan dilakukan dengan menggunakan suatu filter frekuensi yang sudah disediakan di dalam alat ukur kebisingan (Sound Level Meter). sensitifitas telinga manusia ternyata tidak sama pada semua frekuensi namun akan efektif pada frekuensi medium antara 500 hz sampai dengan 8000 hz maka pembobotan yang sering dipakai untuk pengukuran bunyi adalah pembuatan “A”, karena pembobotan “A” ini sangat sesuai dengan karakteristik respon frekuensi telinga manusia.

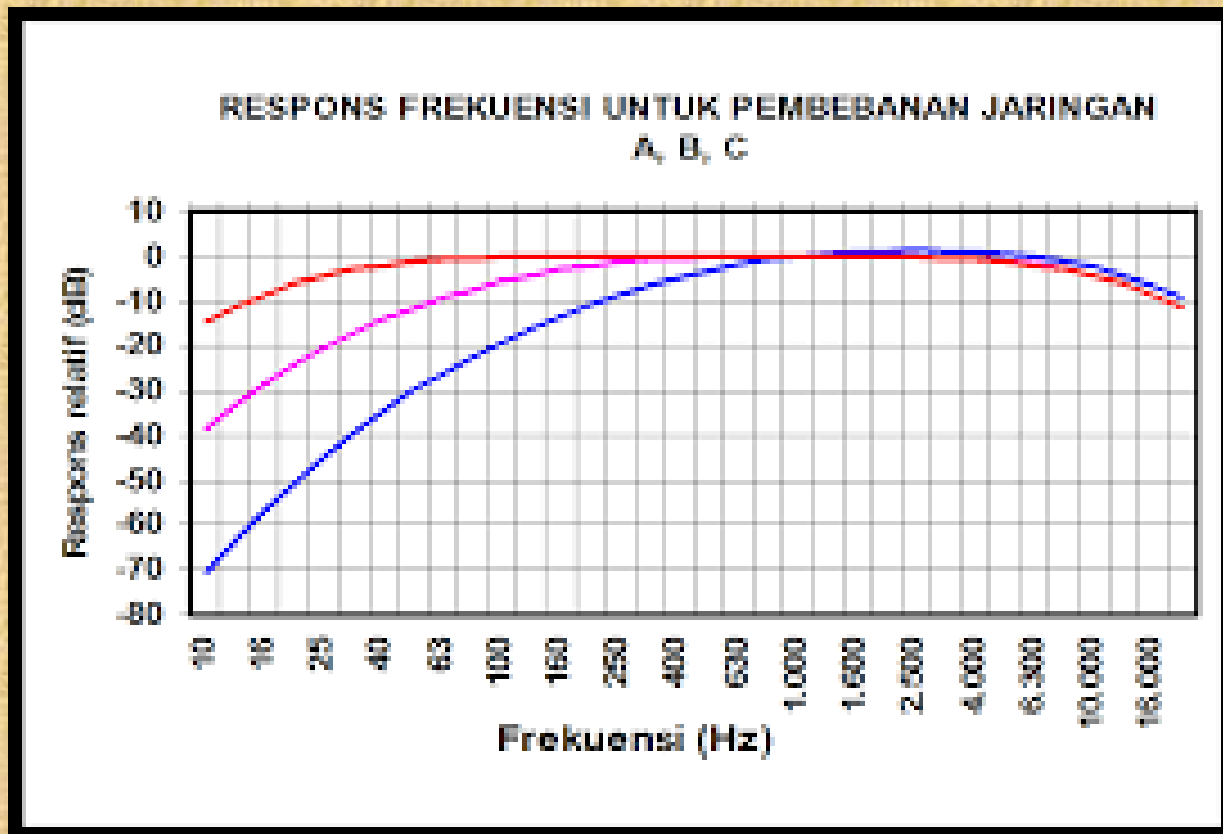
Microphone yang banyak digunakan untuk pengukuran akustik adalah mikrofon jenis kapasitor atau disebut juga mikrofon kondensor (Conndenser Microphone).

Apabila pada permukaan membran mendapat tekanan akibat adanya gelombang suara maka pada mikrofon akan timbul sinyal listrik yang listrik yang dihasilkan oleh mikrofon masih terlalu lemah sehingga harus diperkuat oleh preamplifier.

sinyal listrik yang sudah diperkuat diteruskan kepada rangkaian pembobotan frekuensi (Frequency Weighting : A,C dan LIN). sebagian sound level meter dilengkapi dengan rangkaian frekuensi filter yaitu untuk melakukan analisis frekuensi suara. filter frekuensi pada sound level meter pada umumnya menggunakan pita frekuensi 1/1 oktaf dan 1/3 oktaf.



Tingkat tekanan bunyi dengan pembobotan “A” dewasa ini telah menjadi standar internasional dan telah dipilih oleh banyak negara sebagai suatu cara dalam setiap pengukuran bunyi yang berhubungan dengan kegiatan manusia



Gambar 4 :
Kurva Pembobotan
Frekuensi

Tabel 1 : Angka numerik pembobotan frekuensi

Frequency (Hz)	A Weighting	C Weighting	Tolerance (IEC 651 Type 2)
31.5	-39.4dB	-3dB	$\pm 3\text{dB}$
63	-26.2dB	-0.8dB	$\pm 2\text{dB}$
125	-16.1dB	-0.2dB	$\pm 1.5\text{dB}$
250	-8.6dB	0dB	$\pm 1.5\text{dB}$
500	-3.2dB	0dB	$\pm 1.5\text{dB}$
1 k	0dB	0dB	$\pm 1.0\text{dB}$
2 k	+1.2dB	-0.2dB	$\pm 2\text{dB}$
4 k	+1dB	-0.8dB	$\pm 3\text{dB}$
8 k	-1.1dB	-3dB	$\pm 5\text{dB}$

a. Distribusi frekuensi numerik

Adalah distribusi frekuensi yang pembagian kelasnya dinyatakan dalam angka.

Tabel 2 Pelamar Pernikahan X, 2004

Umr (tahun)	Frekuensi
20 - 24	15
25 - 29	20
30 - 34	9
35 - 39	4
40 - 44	2
Jumlah	50

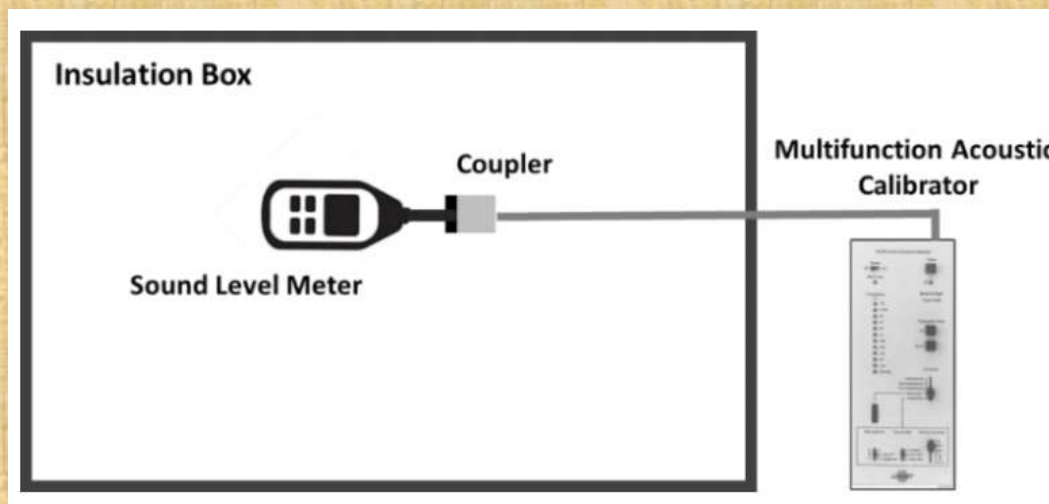
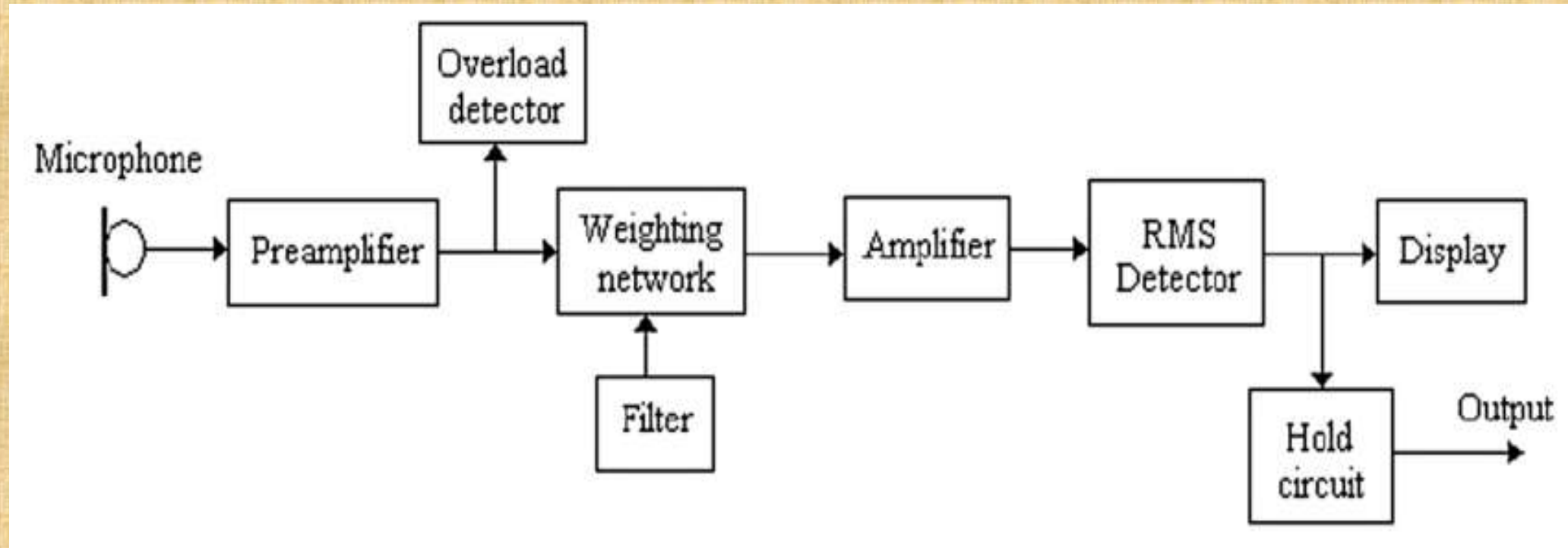
PENGENALAN ALAT UKUR KEBISINGAN

Prinsip Kerja Sound Level Meter

sound level meter (SLM) adalah suatu alat ukur yang dirancang secara khusus sehingga alat tersebut dapat merespon suara yang sesuai dengan karakteristik telinga manusia. Secara garis besar rangkaian elektronik sound level meter terdiri dari tiga bagian yaitu:

1. Transducer (terdiri dari Condenser Microphone dan pre amp)
2. Processing Unit (terdiri dari Weighting frequency dan Power Amplifier)
3. Readout unit (terdiri dari RMS detector dan Display Unit)





Gambar 5 :
Block diagram rangkaian elektronik
sound level meter

Setelah melewati rangkaian pembobotan frekuensi dan filter sinyal listrik akan diperkuat lagi oleh power amplifier, selanjutnya diteruskan kepada rangkaian RMS detektor (Root Mean Square). Rangkaian RMS detektor ini dibuat agar sinyal yang terbaca pada skala pembaca display sudah dalam pembentukan nilai RMS. Dimana nilai rms tersebut identik dengan jumlah energi suara yang akan kita ukur



Gambar 6 : Sound Level Master

3.2 Pembagian Klasifikasi Sound Level Meter

Pembagian klasifikasi sound level meter sesuai dengan penggunaannya masing-masing ditunjukkan pada tabel di bawah ini

Tabel 2: Pembagian klasifikasi sound level meter

Klasifikasi	Penggunaan
Type 0	Untuk standar referensi laboratorium
Type 1	digunakan untuk pengukuran di laboratorium dan lapangan yang khusus yaitu kontrol lingkungan
Type 2	pengukuran kebisingan di lapangan secara umum
Type 3	Survey kebisingan

Tabel 3 : Toleransi SLM IEC 651 untuk setiap kelas

Frekuensi nominal (Hz)	Type 0 (dB)	Type 1 (Db)	Type 2 (dB)	Type 3 (dB)
31,5	± 1	± 1,5	± 3	± 4
40	± 1	± 1,5	± 2	± 4
50	± 1	± 1,5	± 2	± 3
63	± 1	± 1,5	± 2	± 3
80	± 1	± 1,5	± 2	± 3
100	± 0,7	± 1	± 1,5	± 3
125	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
160	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
200	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
250	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
315	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
400	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
500	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
630	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
800	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
1.000	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2
1.250	± 0,7	± 1	± 1,5	± 2,5
1.600	± 0,7	± 1	± 2	± 3
2.000	± 0,7	± 1	± 2	± 3
2.500	± 0,7	± 1	± 2,5	± 4
3.150	± 0,7	± 1	± 2,5	± 4,5
4.000	± 0,7	± 1	± 3	± 5
5.000	± 1	± 1,5	± 3,5	± 6
6.300	+ 1; - 1,5	+ 1,5; - 2	± 4,5	± 6
8.000	+ 1; - 2	+ 1,5; - 3	± 5	± 6
10.000	+ 2; - 3	+ 2; - 4	+ 5; --	+ 6; --
12.500	+ 2; - 3	+ 3; - 6	+ 5; --	+ 6; --

Rentang nilai	frekuensi
50-54	1
55-59	2
60-64	11
65-69	10
70-74	12
75-79	21
80-84	6
85-89	9
90-94	4
95-99	4
	80

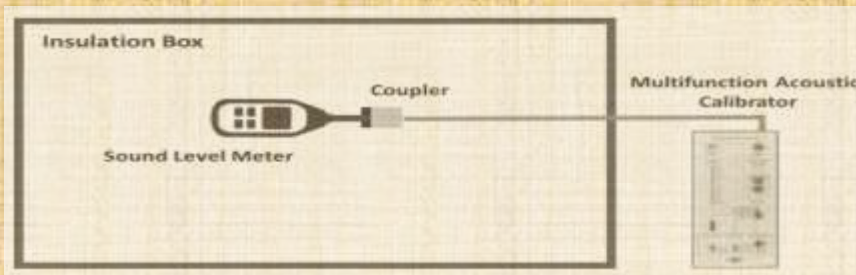
4. TEKNIK KALIBRASI SOUND LEVEL METER

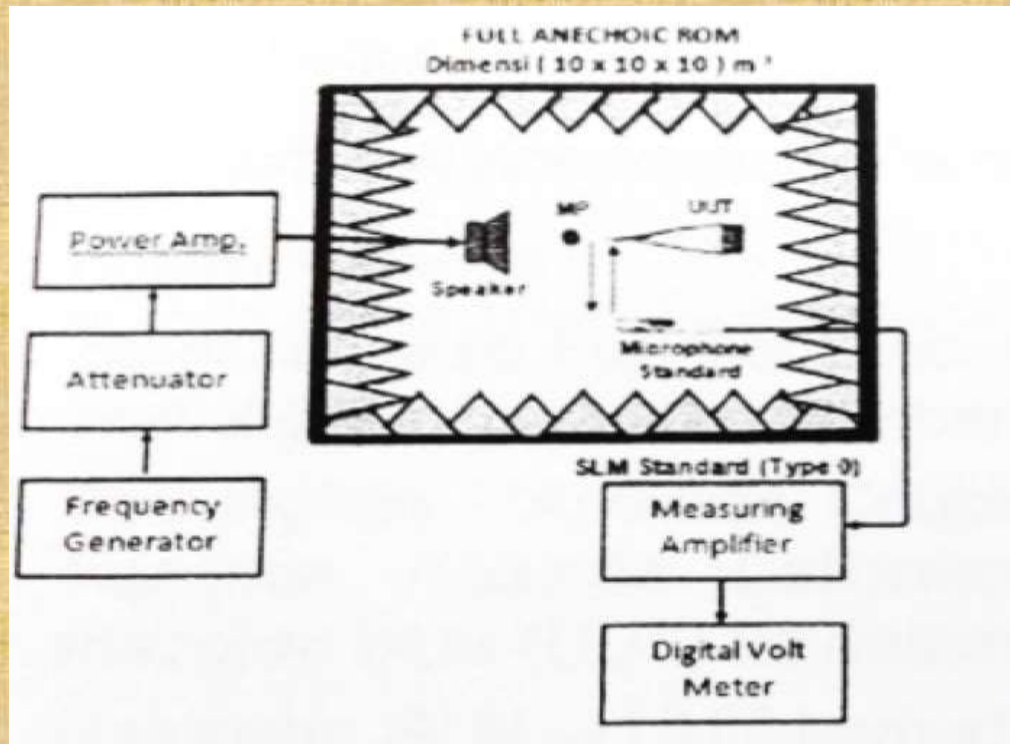
kalibrasi sound level meter dilakukan untuk mengetahui keandalan alat tersebut, apakah kebenaran penunjukan sama level meter masih dapat dipercaya atau tidak.

kalibrasi sound level meter di laksanakan dengan jalan membandingkan langsung antara alat ukur yang dikalibrasi, Unit Under Test (UUT) terhadap alat ukur standar (reference) prosedur kalibrasi SLM mengacu kepada standar IEC 61672-1.

kalibrasi sound level meter dapat dilakukan dengan dua cara

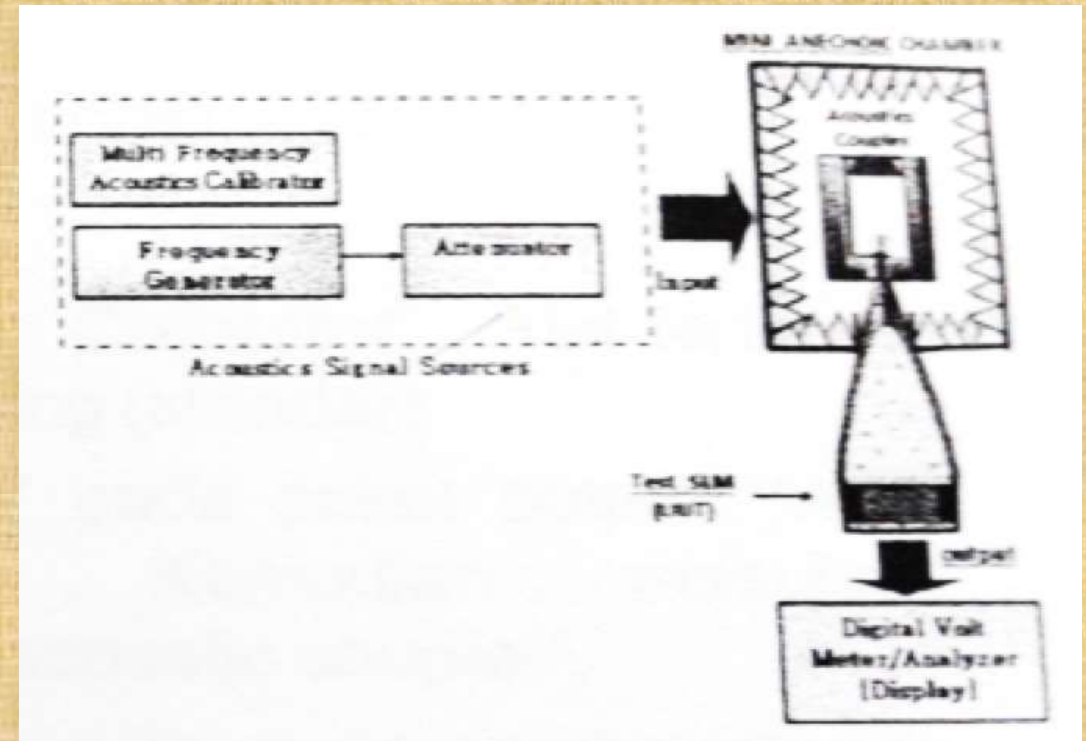
- a. metode free field : kalibrasi sound level meter harus dilakukan di dalam ruangan dan anti gema penuh (full anechoic room) dengan ukuran kurang lebih: panjang x lebar x tinggi = 10m x 10m x10m
- b. metode coupler : menggunakan sinyal akustik yang sudah distandarkan yang dipancarkan ke dalam acoustic coupler





:

metode free field
dengan ruangan
acoustics



metode coupler

Peralatan Yang Digunakan Untuk Kalibrasi SLM Dengan Metode Coupler

A. Alat Standar

- Multi function acoustic calibrator (Metode elektro akustik)
- Standar microphone (Metode Free field)

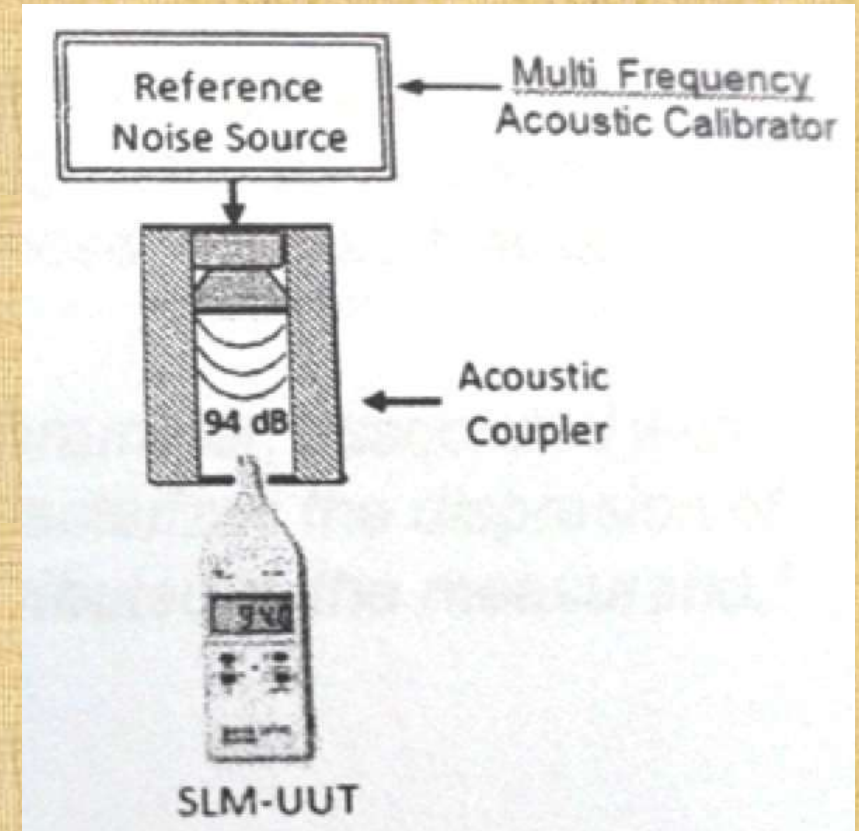
B. Alat Bantu

- Signal generator
- Attenuator
- Voltmeter

Kalibrasi

kalibrasi dilakukan untuk mengetahui keandalan Sebuah alat ukur Apakah penunjukan alat ukur tersebut masih dapat dipercaya atau tidak.

kalibrasi dilaksanakan dengan jalan membandingkan langsung antara alat ukur yang dikalibrasi “unit under test (UUT)” terhadap alat ukur standar (reference)



Gambar 11 :
Ilustrasi kalibrasi SLM dengan
Menggunakan Metode Acoustic Coupler

Saat ini, 2022

Kalibrasi Sound Level Meter menggunakan Multifrequency Acoustic Calibrator

Peralatan standar:

- Multifrequency Acoustic Calibrator terkalibrasi

Peralatan pendukung:

- Sound insulation chamber terkarakterisasi
- Acoustic calibrator terkalibrasi
- Thermohygrometer terkalibrasi
- Barometer terkalibrasi

- Kalibrasi frequency weighting

1. Masukkan mikrofon SLM UUT ke dalam lubang coupler multifrequency acoustic calibrator pada kondisi off.
2. Letakkan SLM UUT ke dalam sound insulation chamber, dan multifrequency acoustic calibrator di luar sound insulation chamber seperti pada Gambar 1.
3. Lakukan pengaturan multifrequency acoustic calibrator:
 - Atur “function” switch pada posisi “Calibration”.
 - Atur “soundfield” switch pada posisi “Pressure”.
 - Atur “microphone” switch pada posisi “a” untuk mengkalibrasi pada frequency weighting A.
 - Pilih “sound level dB” switch pada posisi 94 atau 104 atau 114.
4. Nyalakan multifrequency acoustic calibrator selama 5 menit untuk stabilisasi alat.

5. Atur “frequency step” switch (Up/Down) untuk memilih frekuensi. Kalibrasi dimulai dari frekuensi 63 Hz.
6. Baca penunjukan SLM UUT, kemudian tulis hasilnya pada kertas lembar kerja.
7. Ulangi langkah 5 dan langkah 6 untuk mengkalibrasi SLM UUT pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 12,5 kHz, dan 16 kHz.

4 dari 20

5.3. A.

8. Lakukan langkah 5 sampai dengan langkah 7 sebanyak 5 kali, untuk mendapatkan pengulangan pengukuran secara serial.
9. Lakukan langkah 3 sampai dengan langkah 8 mengubah pengaturan “microphone” pada multifrequency acoustic calibrator pada posisi “c” untuk mengkalibrasi pada frequency weighting C.

Prosedur Kalibrasi

- Kalibrasi Karakteristik Pembobotan A (dB-A)

Langkah kalibrasi:

- a. siapkan “Multi Function Acoustic Calibrator” alat tersebut berfungsi sebagai alat pembanding (standar)
- b. Hubungkan “Acoustic Coupler” pada soket output “multi function acoustic calibrator” kemudian masukan microphone SLM(UUT) ke dalam “acoustic coupler
- c. hidupkan SLM-UUT kemudian pilih skala pembobotan A(dB-A) masukan SLM-UUT bersama-sama dengan “acoustic coupler” ke dalam kotak kedap suara

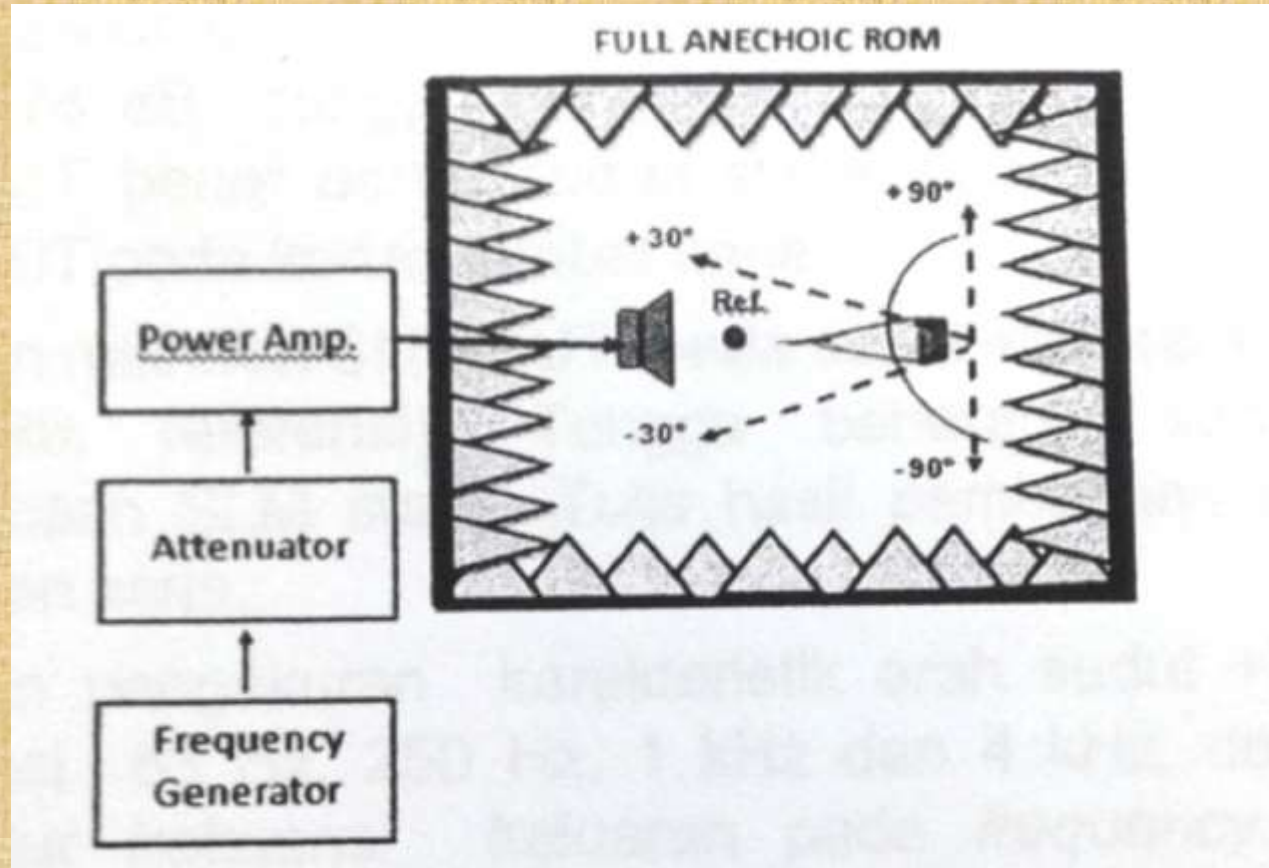
- d. Tempatkan “Function”-Switch pada posisi “Calibrator”
- e. Tempatkan “Sound Field”-Switch pada posisi “Pressure”
- f. Tempatkan “Microphone”-Switch pada posisi (a)
- g. Tempatkan “Sound Level:-Switch pada posisi 94 dB
- h. Hidupkan “Multi Function Acoustic Calibrator” tunggu 5 menit untuk pemanasan
- i. Atur “frequency steps” swith (up/down). Kalibrasi pembobotan frekuensi dimulai dari frekuensi 63 hz.
- j. Tekan switch “Down” sampai lampu indikator pada frekuensi 63 Hz menyala tunggu beberapa saat sampai signal output yang dikeluarkan oleh “Multi Function Acoustic Calibrator” stabil

- k. baca penunjukan SLM-UUT kemudian tulis hasilnya pada kertas lembar kerja.
- l. tekan switch “Up” sampai lampu indikator pada frekuensi 125 Hz menyala tunggu sampai signal output yang dikeluarkan oleh “Multi Function Acoustic Calibrator” stabil. Baca penunjukan SLM_UUT. Tulis hasilnya pada kertas lembar kerja.
- m. Lakukan langkah untuk mengkalibrasi pada frekuensi berikutnya: 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 12,5 kHz
- n. untuk mendapatkan data pengulangan melakukan kalibrasi sebanyak 5 kali pengulangan secara serial mulai dari frekuensi 63 hz sampai 12,5 kHz. Catat semua data hasil kalibrasi pada kertas lembar kerja

- Kalibrasi Karakteristik Pembobotan C(dB-C)
 - a) Pilih skala pengukuran SLM-UUT pada posisi pembobotan C(dB-C) masukan SLM-UUT bersama-sama dengan “acoustic coupler” ke dalam kotak kedap suara.
 - b) Lakukan langkah kerja 4.1.1 D sampai 4.1.1 N

4.2.3 Kalibrasi Karakteristik Arah

kalibrasi karakteristik arah dilakukan di dalam ruangan anti gema (full anechoic room). kalibrasi dilakukan pada sudut 30° dan 90° (arah kiri dan kanan dari titik referensi). Kalibrasi karakteristik arah dilakukan pada frekuensi 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz, dan 4 kHz



- Gambar 8 : Ilustrasi set up kalibrasi karakteristik arah

Prosedur kalibrasi karakteristik arah sebagai berikut :

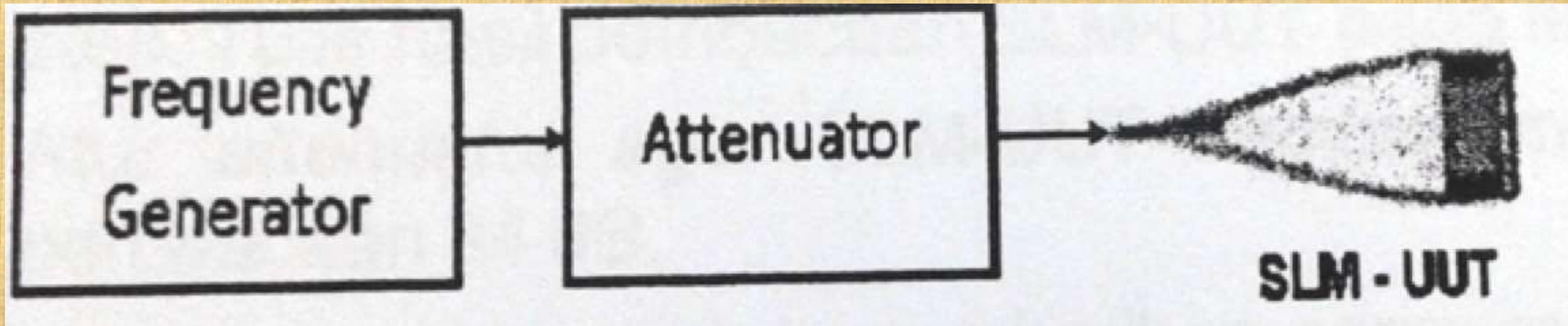
- a) rangkai semua peralatan seperti ditunjukkan gambar 8
- b) hidupkan semua peralatan dan tunggu beberapa saat untuk pemanasan
- c) pasang SLM-UUT pada tempat yang sudah ditentukan di dalam ruangan anti gema dengan kedudukan microphone persis berada pada Measuring Point (MP) menghadap pada speaker. hidupkan SLM_UUT
- d) atur gain :power amplifier” pada kedudukan maksimum
- e) atur frekuensi generator sbb
 - Frequency: 63 Hz dan Amplitude: 1.5 Volt - RMS

- Atur attenuator sampai SLM-UUT menunjukkan tempat pada angka 74 dB. Tunggu beberapa saat, apabila penunjukan SLM-UUT benar sudah stabil, tulis hasil pembacaan SLM-UUT pada kertas lembar kerja.
- Arahkan microphone slm pada sudut $+30^\circ$ (arah ke kanan dari titik referensi). Tunggu beberapa saat sampai pembacaan SLM stabil, tulis hasil pembacaan SLM pada lembar kerja
- lakukan pengukuran karakteristik arah sudut $+30^\circ$ pada frekuensi 63 Hz, 125 Hz, 1 kHz dan 4 kHz, dengan cara mengatur frekuensi keluaran pada frekuensi generator sesuai dengan frekuensi pengukuran yang diinginkan.
- Arahkan microphone SLM pada sudut $+90^\circ$ (arah ke kanan dari titik referensi). Tunggu beberapa saat, kemudian tulis hasil pembacaan slm pada lembar kerja

- lakukan pengukuran karakteristik arah sudut $+90^\circ$ pada frekuensi: 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz dan 4 kHz, dengan cara mengatur frekuensi keluaran pada frekuensi generator
- lakukan instruksi kerja 4.1.3 a sampai dengan 4.1.3 J untuk kalibrasi karakteristik arah dengan sudut -30° dan -90° arah ke kiri dari titik referensi
- melakukan kalibrasi karakteristik arah sebanyak 5 kali pengamatan untuk setiap titik ukur

Kalibrasi Linearity

blok diagram instrumentasi untuk kalibrasi linearity ditunjukkan pada gambar 9 di bawah



Gambar 9 : Set up peralatan untuk kalibrasi linearity

Langkah Kalibrasi Linearity :

- hubungkan output dari frekuensi generator pada input attenuator kemudian output dari attenuator dihubungkan kepada dummy microphone yang terpasang pada SLM-UUT, hidupkan semua peralatan termasuk SLM-UUT
- atur decade selector attenuator pada angka : 0000 DB
- atur frekuensi generator pada frekuensi : 31,5 hz kemudian amplitudo output pada frekuensi generator diatur agar SLM-UUT tepat menunjukkan pada nilai 110 dB
- atur attenuator agar SLM-UUT menunjukkan tepat pada pembacaan 94 dB
- atur attenuator untuk memberikan penambahan setiap 1 dB/step mulai dari 94 dB sampai 100 dB

- baca penunjukan SLM-UUT untuk setiap penambahan +1dB/step. Tulis hasil pembacaan SLM-UUT pada lembar kerja.
- atur attenuator untuk memberikan penanaman setiap 5 dB/step mulai dari 100 dB sampai 110 dB.
- baca penunjukan SLM-UUT untuk setiap penambahan +5dB/step. Tulis hasil pembacaan SLM-UUT mengutip pada lembar kerja.
- atur attenuator agar SLM-UUT kembali menunjukkan pada pembacaan 94 db.
- atur attenuator untuk memberikan pengurangan setiap 1dB/step. Mulai dari 94 dB sampai 85 dB.
- baca penunjukan SLM-UUT untuk setiap pengurangan -1dB/step. Tulis hasil pembacaan SLM-UUT pada lembar kerja.

- atur attenuator untuk memberikan pengurangan setiap 5 dB/step. Mulai dari 85 dB sampai 30 dB.
- baca penunjukan SLM-UUT untuk setiap pengurangan - 5dB/step. Tulis hasil pembacaan SLM-UUT pada lembar kerja.
- lakukan langkah kalibrasi 4.1.4 (a) sampai 4.1.4 (m) sebanyak 5 kali pengulangan.
- lakukan langkah kalibrasi 4.1.4 (a) sampai 4.1.4 (n) untuk kalibrasi linearity pada frekuensi 1000 hz dan 8000 hz.
- Kalibrasi Selesai

Uncertainty

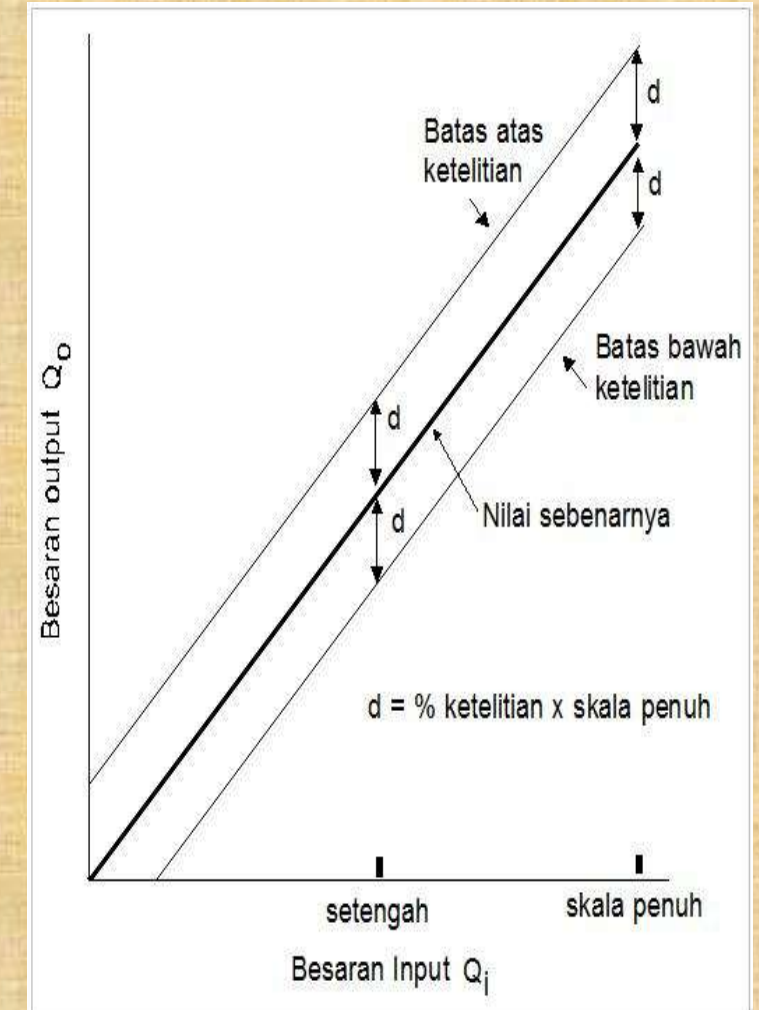
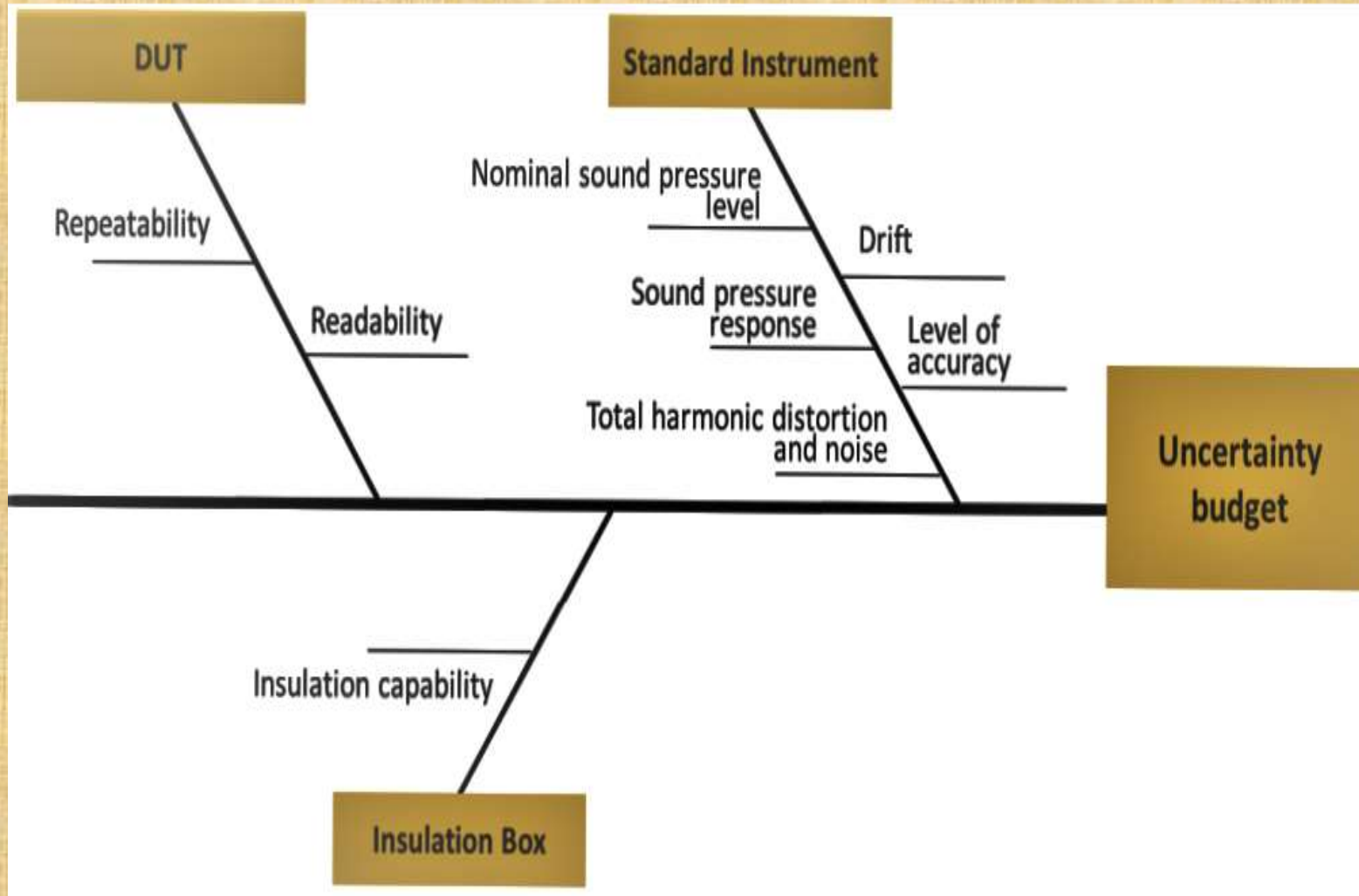


FIG. 3: Expanded uncertainties comparison (Blue: IEC 61672-1:2013, Red: Proposed coupler method)

TABLE I: Calculation of uncertainty measurement of sound level meter calibration for SPL 114 dB.

No	Uncertainty budget		Standard Uncertainty (dB)							
	Parameter	Component	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1	Sound Level Meter UUT	Repeatability (Tipe A)	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02
		Readability	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
2	Multifunction Calibrator	SPL of 114 dB	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05
		Drift	0.04	0.04	0.04	0.01	0.04	0.03	0.02	0.02
	B&K 24226	Sound pressure response	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.11	0.17
		Level of accuracy	0.09	0.09	0.06	0.06	0.09	0.09	0.09	0.14
		THD + N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Insulation box	Insulation capacity	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
		uc (dB)	0.15	0.14	0.13	0.12	0.14	0.15	0.17	0.24
		V_{eff}	207.30	202.41	255.97	218.66	203.73	200.68	167.85	124.69
		k 95%	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.98
		u (dB)	0.29	0.28	0.25	0.23	0.28	0.29	0.33	0.48

DAFTAR PUSTAKA

1. BRUEL & KJAER, (2008). Booklet of Measurement Microphone, B&K Naerum, Denmark
2. BRUEL & KJAER, (2008). Multifunction Acoustic Calibration, B&K, Naerum, Denmark
3. Crocker, M.J (1998). Handbook of Acoustics John Wiley and sons, inc, Canada
4. Erling Frederiksen, (2006). Acoustic Calibration Technique and Basics of Sound Measurement, B&K, Naerum, Denmark
5. International Electronic Commissions, (2002),. IEC 61672-1, 2002-5: "Electro Acoustics Sound Level Meters" Geneva, Switzerland.
6. International Organisation for Standardisation, (1993). ISO/IEC 4: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, Paris

- Pengukuran self generator noise

Pengukuran self generator noise harus dilakukan di dalam sound insulation chamber.

1. Masukkan mikrofon SLM UUT kedalam lubang acoustic calibrator pada kondisi off.
2. Nyalakan SLM UUT.
3. Atur SLM UUT pada rentang ukur terendah.
4. Lakukan pengukuran pada parameter LAeq atau LAF selama 30 detik.
5. Catat hasilnya pada lembar kerja.
6. Matikan SLM UUT.