

# ANALISIS KALIBRASI PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN SOUND LEVEL METER

CALVIN LEONARDO, SURAIDI, DAN HARLIANTO TANUDJAYA

Program Studi teknik elektro, Universitas Tarumanegara, Jakarta.

## ABSTRAK

*Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus merambat mempengaruhi dunia industri, semakin ketatnya persaingan mutu produk di pasar bebas telah menuntut sistem pengujian hasil produk industri tersebut lebih dapat dipertanggung jawabkan baik metode maupun ketelitiannya. Semua peralatan yang berkaitan dengan mutu diharuskan tertelusur ke standar nasional, maka dari itu diperlukan kegiatan kalibrasi agar tetap tertelusur ke standar nasional. Pengertian kalibrasi itu sendiri adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antar nilai yang ditunjukkan oleh suatu alat ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh benda ukur, dan nilai yang telah diketahui yang berkaitan besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dalam industri, pengukuran kebisingan suara pada lingkungan kerja sangat diperlukan untuk berjalannya industri tersebut, untuk pengukuran kebisingan suara digunakan Sound Level Meter. Sound Level Meter ialah suatu alat yang digunakan untuk mengukur kebisingan, suara yang tak dikehendaki, atau yang dapat menyebabkan rasa sakit di telinga. Untuk itu pengkalibrasian Sound Level Meter sangat penting dalam tingkat produktifitas kerja dalam suatu ruang lingkup kerja terutama pada mode A untuk manusia, mode C mesin, mode Z linier pada sebuah industri sehingga sangat menunjang untuk keselamatan kerja dan menunjang mutu hasil produksi industri tersebut menjadi semakin maksimal.*

**Kata Kunci :** *Sound Level Meter, Kalibrasi.*

## PENDAHULUAN

Kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh suatu alat ukur atau sistem ukur, atau nilai yang diwakili oleh benda ukur, dan nilai yang telah diketahui yang berkaitan besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Tujuan utama kalibrasi adalah mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan/ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi/teliti (standar primer nasional dan internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus. Dengan melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga benar dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur.

Parameter yang diteliti terbatas pada :

- a. Pengukuran kalibrasi *Sound Level Meter* Lutron SL-4011 yang tertelusur pada *Sound Level Meter* standar Onosokki LA-3560.
- b. Pengukuran kalibrasi *Sound Level Meter* pada mode A *Fast* dan C *Fast* dalam rentang intensitas

suara antara 63-114 dB dan frekuensi antara 63-8000 Hz.

## METODE

### Sound Level Meter

*Sound Level Meter* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kebisingan, suara yang tak dikehendaki, atau yang dapat menyebabkan rasa sakit ditelinga. *Sound Level Meter* biasanya digunakan di lingkungan kerja seperti, industri penerbangan, lingkungan pabrik dan sebagainya. Selain itu *Sound Level Meter* juga dapat digunakan untuk memverifikasi persis berapa banyak tingkat suara telah berubah. Terdapat dua hal yang menentukan kualitas bunyi, yaitu :

- a. Frekuensi Bunyi

Frekuensi adalah jumlah satuan getaran yang dihasilkan dalam satuan waktu (detik). Rentang frekuensi suara yang dapat didengar telinga manusia berkisar 20 Hz–20.000 Hz. Suara percakapan manusia mempunyai frekuensi : 250 Hz–3000 Hz. Frekuensi suara < 20 Hz disebut *Infra Sound*. Sedangkan frekuensi

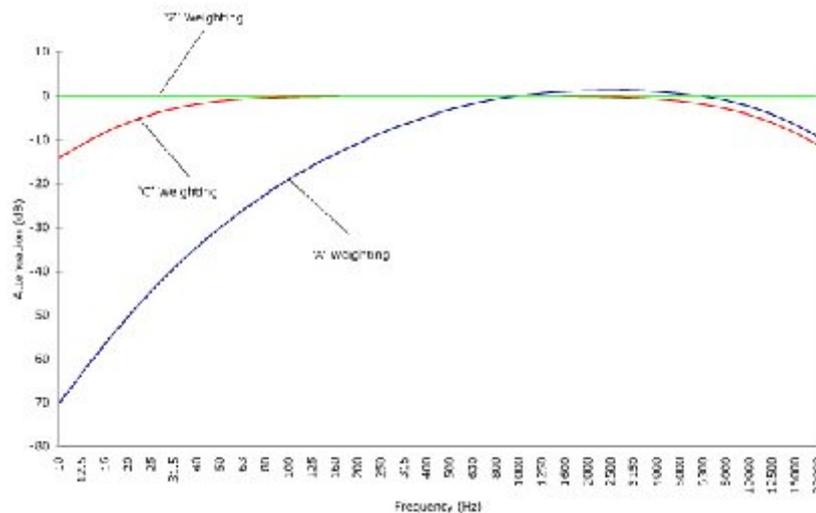
suara > 20.000 Hz disebut *Ultra Sound*

b. Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi adalah energi gelombang bunyi yang menembus permukaan bidang tiap satu satuan luas tiap detiknya. Daya pendengaran telinga manusia terhadap gelombang bunyi bersifat logaritmis, sehingga para ilmuwan menyatakan mengukur intensitas bunyi tidak dalam watt/m<sup>2</sup> melainkan dalam satuan dB (desi bell) yang menyatakan Taraf Intensitas bunyi (TI).

Semua *Sound Level Meter* memiliki fitur pengukuran yang berbeda, terdapat metode pengukuran dengan pembobotan frekuensi A (dBA), C (dBC). Pembobotan

frekuensi A (dBA) untuk merespon frekuensi yang biasa didengar oleh manusia (20 Hz – 20 kHz), Pembobotan frekuensi C (dBC) untuk merespon frekuensi yang dihasilkan oleh mesin pabrik (lingkungan industri). Pembobotan frekuensi Z (dBZ) untuk pengukuran yang tidak melibatkan filter sama sekali atau bersifat linear. Selain itu, terdapat juga pengaturan respon detektor *Fast* dan *Slow*, serta terdapat pengaturan jangkauan intensitas suara (dB) yang berbeda di setiap *Sound Level Meter*. Hubungan antara atenuasi dan frekuensi pembobotan A (dBA), C (dBC), dan Z (dBZ) terdapat pada grafik di Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1. Grafik Perbandingan Atenuasi dan Frekuensi pada pembobotan frekuensi A (dBA), C (dBC), & Z(dBZ).**

Berdasarkan tingkat ketelitian terhadap nilai yang sesungguhnya dan fungsi penggunaan alat yang berbeda, *Sound Level Meter* dibagi menjadi beberapa kelas sebagai berikut.

a. *Sound Level Meter Class-0*

Digunakan untuk mengkalibrasi *Sound Level Meter* lain dan dapat digunakan untuk pengukuran kebisingan presisi yang sangat tinggi di ruang kontrol dan untuk penelitian akademis. [2]

b. *Sound Level Meter Class-1 & Class-2*

Merupakan *Sound Level Meter* yang paling banyak digunakan oleh pemain akustik, profesional *sound system*, desainer industri / produsen dan

peneliti di akademisi dan pemerintah. [2]

c. *Sound Level Meter Class-3*

Digunakan untuk *noise survey meters* dan dosimeter. [2]

Pada analisis kalibrasi *Sound Level Meter*, dilakukan pengkalibrasian *Sound Level Meter* Lutron SL-4011 dengan perbandingan terhadap *Sound Level Meter* standar Onosokki LA-3560. Berikut spesifikasi kedua alat yang digunakan :

a. *Sound Level Meter* Lutron SL-4011 *Class-2* dengan spesifikasi

- Pembobotan frekuensi A (dBA) & C (dBC)
- Sistem *output* AC & DC
- Respon detektor *Fast* dan *Slow*

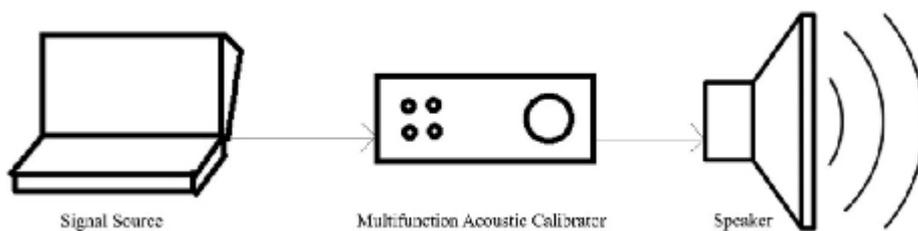
- Rentang ukur dari 31.5 – 8000 Hz
  - Intensitas suara 30 – 130 dB.
- b. *Sound Level Meter* standar Onosokki LA-3560 *Class-1* dengan
- Pembobotan frekuensi A (dBA), C (dBC) & Z (dBZ)
  - Sistem *output* AC, DC, *phone output (headphone)*, *comparator output*, dan *external control input*.
  - Respon detector *Fast*, *Slow*, *Impulse* & 10 ms.
  - Rentang ukur dari 10 - 20000 Hz.
  - Intensitas suara 30 – 130 dB.



Gambar 2. (a) *Sound Level Meter* Lutron SL-4011 dan (b) *Sound Level Meter* Onosokki LA-3560

### Peralatan Dan Rangkaian Kalibrasi *Sound Level Meter*

- a. Peralatan yang digunakan
- *Sound Level Meter* yang akan dikalibrasi
  - *Sound Level Calibrator ( Multifunction Acoustic Calibrator )*
  - *Thermo Hygro Barometer*
- b. Rangkaian *Sound Level Calibrator*  
Rangkaian kalibrasi *Sound Level Meter* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian *Sound Level Calibrator*

### Cara Kerja Kalibrasi

Tekanan udara statik, suhu udara, dan kelembaban relatif diukur dan dicatat pada awal dan akhir kegiatan kalibrasi. Kalibrasi secara periodik dilakukan pada kondisi lingkungan tekanan udara statik 80 kPa sampai 105 kPa, suhu udara 20

°C sampai 26 °C, kelembaban relatif : 25 % sampai 70 %.

Pengecekan Linearitas Level dan Waktu Pembobotan

- a. Mengecek linearitas *level range control* pada tekanan suara 94 dB

- Pilih rentang ukur ke-1 pada *Sound Level Meter*, dengan pembobotan A (*Weighting A*), waktu pembobotan F (*Weighting Time F*)
  - Berikan sumber tekanan suara pada level sebesar 3.1623 % (94 dB) dan frekuensi 1 kHz.,
  - Ulangi langkah di atas untuk rentang ukur yang lainnya.
  - Selesai
- b. Mengecek waktu pembobotan (*weighting time*)
- Pilih waktu pembobotan F/S (*weighting time F/S*) pada F
  - Berikan sumber tekanan suara pada level sebesar 3.1623 % (94 dB) dan frekuensi 1 kHz.,
  - Ulangi langkah di atas untuk waktu pembobotan S.
  - Selesai.

Kalibrasi Sinyal Akustik dengan

Pembobotan Frekuensi.

- a. Kalibrasi referensi level tekanan bunyi atau *sound pressure level (SPL)*
- Nyalakan sistem *Multifunction Calibrator*
  - Nyalakan laptop, pilih folder *Software Daqarta* pada desktop
  - Tekan tombol "Yes" pada "First Run"
  - Tekan "Option" dan pilih "Volt Meter", akan tampil dalam satuan dB
  - Tekan "Option" dan pilih "Frequency Counter", akan tampil dalam satuan Hertz
  - Pada tampilan "Generator", nilai "attenuator options" sesuai saat dikalibrasi, contoh untuk *Multifunction Acoustic Calibrator* model *SOUND LEVEL METER C-2* adalah -100.
  - Tekan "Waveform Controls", akan tampil "L.O Stream"
  - Pilih "Tone Freq" sebesar 1000 Hz.
  - Pilih "Level" pada 3.1623 % identik dengan level tekanan bunyi 94 dB.
  - Cek fungsi "Generator On/Off" untuk mengetahui bahwa sistem

sudah berfungsi dan menghasilkan suara.

- Tempatkan *Sound Level Meter* yang akan dikalibrasi pada sumber suara yang keluar dari *Multifunction Acoustic Calibrator*.
- Nyalakan *Sound Level Meter* dan pilih rentang ukur, pembobotan A/C, dan waktu pembobotan F (*Fast*) / S (*Slow*).
- Tekan tombol "Generator On/Off" pada *On*, baca penunjukan *Sound Level Meter*
- Ulangi langkah di atas sebanyak 5 kali, baik untuk pembobotan A dan C.
- Selesai

b. Kalibrasi karakteristik pembobotan frekuensi pada 94 dB

- Pilih "Tone Freq" sebesar 31.5 Hz.
- Pilih "Level" pada 3.1623 % identik dengan level tekanan bunyi 94 dB.
- Pilih rentang ukur, pembobotan A / C, dan waktu pembobotan F (*Fast*) / S (*Slow*) pada *Sound Level Meter*.
- Tekan tombol "Generator On/Off" pada *On*, baca penunjukan *Sound Level Meter*
- Ulangi langkah di atas untuk nilai frekuensi 63 Hz, 125 Hz, 250Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, dan 8 kHz sesuai kemampuan *Sound Level Meter*.
- Pengkalibrasian di atas dilakukan sebanyak 5 kali, baik untuk pembobotan A dan C.
- Selesai

c. Kalibrasi karakteristik level tekanan suara pada frekuensi 1 kHz

- Pilih "Tone Freq" sebesar 1000 Hz.
- Pilih "Level" pada 0.1 % identik dengan level tekanan bunyi 64 dB.
- Pilih rentang ukur, pembobotan A, dan waktu pembobotan F (*Fast*) pada *Sound Level Meter*.

- Tekan tombol "Generator On/Off" pada On, baca penunjukan Sound Level Meter
- Ulangi langkah di atas untuk nilai level tekanan suara "Level" 0.31623 % (74 dB), 1 % (84 dB), 3.1623 % (94 dB), 10 % (104 dB), dan 31.623 % (114 dB).
- Pengkalibrasian di atas dilakukan sebanyak 5 kali.

- Selesai

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Suatu temuan diperoleh dari proses analisis yang memerlukan data. Pengisian data kalibrasi dilakukan pada mode A *Fast* agar mempermudah analisis ketidakpastian. Data hasil kalibrasi Sound Level Meter Lutron SL-4011 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Data Hasil Kalibrasi Sound Level Meter Lutron SL-4011**

Nama Alat	: Sound Level Meter	Nama Standar	: Sound Level Meter
Pabrik	: Lutron	Merk	: Onosokki
Tipe / No.Seri	: SL-4011 / I.73490	Tipe / No.Seri	: LA-3560 / 1239412.U
Rentang Ukur	: 64 - 114 dB	Kapasitas	: 30 - 130 dB
Resolusi	: 0.1 dB	Resolusi	: 0.1 dB
		Acuan	: ISO 16063-21 : 2013
Tanggal Penerimaan	: 20 Januari 2019	<b>Kondisi Ruang</b>	
Tanggal Kalibrasi	: 21 Januari 2019	Suhu Ruang	: T1 (22,4)°C T2 (22,6)°C
Tempat Kalibrasi	: Lab. Akustik	Kelembaban	: RH1 (55)% RH2 (56)%

No	SET LEVEL %	FREKUENSI (Hz)	Penunjukan Alat (dB) Mode A <i>Fast</i>				
			N1	N2	N3	N4	N5
1	3.1623 (94dB)	63	68.9	68.7	69	68.9	68.9
2		125	78.7	78.3	78.7	78.4	78.7
3		250	85	85.1	85	84.9	85
4		500	91.3	91.3	91.3	91.2	91.3
5		1000	93.9	93.9	93.8	93.9	93.9
6		2000	96.7	96.7	96.8	96.7	96.7
7		4000	98.3	98.4	98.3	98.3	98.3
8		8000	90.8	90.9	90.8	90.9	90.8

No	SET LEVEL %	FREKUENSI (Hz)	Penunjukan Alat (dB) Mode C <i>Fast</i>				
			N1	N2	N3	N4	N5
1	3.1623 (94dB)	63	93.5	93.6	93.5	93.5	93.5
2		125	94.4	94.4	94.2	94.3	94.4
3		250	94.9	95	94.9	94.8	94.9
4		500	95.2	95.1	95.2	95.2	95.2
5		1000	94.3	94.3	94.3	94.2	94.3
6		2000	95.6	95.6	95.5	95.6	95.6
7		4000	98.3	98.5	98.4	98.3	98.3
8		8000	88.9	88.9	99	88.9	88.9

### Ketidakpastian Sound Level Meter Lutron SL-4011 Mode A *Fast*

Berdasarkan data hasil kalibrasi pada Tabel 1 analisis ketidakpastian pengukuran Sound Level Meter Lutron

a. Rata-rata koreksi ( $\bar{}$ ) penunjukan alat yang dikalibrasi

SL-4011 Mode A *Fast* dihitung berdasarkan Model Matematis dimana dibahas dalam salah satu contoh perhitungan pada Frekuensi 63 Hz :

Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$= \frac{1}{5} (68,9 + 68,7 + 69 + 68,9 + 68,9) = 68,88$$

b. Simpangan baku dari koreksi rata-rata

Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{K})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{5-1} [(68,9 - 68,88)^2 + (69,7 - 68,88)^2 + (69 - 68,88)^2 + (68,9 - 68,88)^2 + (68,9 - 68,88)^2]} = 0,09798$$

c. Ketidakpastian dari koreksi rata-rata

Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$u(\delta V_{rep}) = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

$$= \frac{0,09798}{\sqrt{5}} = 0,0438178 \text{ dB}$$

d. Derajat kebebasan berdasarkan 5 kali pengambilan data

Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$\nu(\delta V_{rep}) = n - 1$$

$$= 5 - 1$$

$$= 4$$

Untuk perhitungan ketidakpastian dari setiap Frekuensi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Perhitungan Ketidakpastian  
Sound Level Meter Lutron SL-4011 Mode A Fast**

<i>F</i> (Hz)	$\bar{K}$	$(X_i - \bar{K})^2$	$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{K})^2$	<i>SD</i>	$u(\delta V_{rep})$				
53	68,88	0,0004	0,0324	0,0144	0,0004	0,0004	0,048	0,09798	0,0438178
125	78,26	0,0036	0,0016	0,0036	0,0196	0,0036	0,032	0,08	0,03577709
250	85	0	0,01	0	0,01	0	0,02	0,063245	0,02828427
500	91,28	0,0004	0,0004	0,0004	0,0064	0,0004	0,008	0,04	0,01788854
1000	93,88	0,0004	0,0004	0,0064	0,0004	0,0004	0,008	0,04	0,01788854
2000	96,72	0,0004	0,0004	0,0064	0,0004	0,0004	0,008	0,04	0,01788854
4000	98,32	0,0004	0,0064	0,0004	0,0004	0,0004	0,008	0,04	0,01788854
8000	90,84	0,0016	0,0036	0,0016	0,0036	0,0016	0,012	0,04899	0,0219089
								Rata-rata	0,02516778

**Ketidakpastian Sound Level Meter  
Lutron SL-4011 Mode C Fast**

SL-4011 Mode C Fast dihitung berdasarkan Model Matematis dimana dibahas dalam salah satu contoh perhitungan pada Frekuensi 63 Hz :

Berdasarkan data hasil kalibrasi pada Tabel 4.1, analisis ketidakpastian pengukuran Sound Level Meter Lutron

- a. Rata-rata koreksi ( $\bar{K}$ ) penunjukan alat yang dikalibrasi menggunakan Rumus 1. Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$\bar{K} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\bar{K} = \frac{1}{5} (93.5 + 93.6 + 93.5 + 93.5 + 93.5) = 93.52$$

- b. Simpangan baku dari koreksi rata-rata menggunakan Rumus 2. Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{K})^2}$$

$$= \frac{1}{5-1} \left( (93.5 - 93.52)^2 + (93.6 - 93.52)^2 + (93.5 - 93.52)^2 + (93.5 - 93.52)^2 + (93.5 - 93.52)^2 \right) = 0.04$$

- c. Ketidakpastian dari koreksi rata-rata Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$u(\delta V_{rep}) = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

$$u(\delta V_{rep}) = \frac{0.04}{\sqrt{5}} = 0.017889 \text{ dB}$$

- d. Derajat kebebasan berdasarkan 5 kali pengambilan data Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut :

$$\nu(\delta V_{rep}) = n - 1$$

$$\nu(\delta V_{rep}) = 5 - 1$$

$$\nu(\delta V_{rep}) = 4$$

Untuk perhitungan ketidakpastian dari setiap Frekuensi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Perhitungan Ketidakpastian  
Sound Level Meter Lutron SL-4011 Mode C Fast**

F (Hz)	$\bar{K}$	$(X_1 - \bar{K})^2$	$(X_2 - \bar{K})^2$	$(X_3 - \bar{K})^2$	$(X_4 - \bar{K})^2$	$(X_5 - \bar{K})^2$	$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{K})^2$	SD	$u(\delta V_{rep})$
63	93.52	0.0004	0.0064	0.0004	0.0004	0.0004	0.008	0.04	0.017889
125	94.34	0.0036	0.0036	0.0196	0.0016	0.0036	0.032	0.08	0.035777
250	94.9	0	0.01	0	0.01	0	0.02	0.063245	0.028284
500	95.18	0.0004	0.0064	0.0004	0.0004	0.0004	0.008	0.04	0.017889
1000	94.28	0.0004	0.0004	0.0004	0.0064	0.0004	0.008	0.04	0.017889
2000	95.58	0.0004	0.0004	0.0064	0.0004	0.0004	0.008	0.04	0.017889
4000	98.36	0.0036	0.0196	0.0016	0.0036	0.0036	0.032	0.08	0.035777
8000	90.92	4.0804	4.0804	65.2864	4.0804	4.0804	81.608	4.04	1.806743
								Rata rata	0.247267

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, nilai ketidakpastian pada pengukuran A *Fast* yang paling besar didapatkan pada frekuensi 63 Hz, hal ini menunjukkan suatu nilai ketidakpastian memiliki nilai besar pada frekuensi rendah. Nilai rata-rata ketidakpastian pada pengukuran A *Fast* lebih kecil dari pada nilai rata-rata ketidakpastian pada pengukuran C *Fast*, hal ini menunjukkan pengukuran metode A lebih baik dari pada pengukuran metode C

## DAFTAR PUSTAKA

A. Sulaeman, 2012, Panduan Mutu PT. Kaliman, Tangerang: PT. Kaliman.

Lutron, "Data Sheet Lutron SL-4011," <http://www.lutron.com.tw>. [Diakses 18 Maret 2019].

Onosokki, "Data Sheet Onosokki LA 3560" Onosokki, [https://www.onosokki.co.jp/English/hp\\_e/whats\\_new/Catalog/PDF/old/la3570\\_3560\\_3260e\\_3.pdf](https://www.onosokki.co.jp/English/hp_e/whats_new/Catalog/PDF/old/la3570_3560_3260e_3.pdf). [Diakses 18 Maret 2019].

T. I. E. Commission, 2013, IEC 61672 : Electroacoustics Sound Level Meter, Geneva, Switzerland: The International Electrotechnical.