

ALAT KALIBRASI SOUND LEVEL METER BERBASIS MIKROKONTROLER

R. Bayu Ramada Meikaharto¹, Endah Setyaningsih², dan Henry Candra³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

³Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Jl. Let. Jend S. Parman No.1 Jakarta 11440

E-mail: endahs@ft.untar.ac.id

ABSTRACT

A sound level meter is an instrument used for measuring noise or disturbing sound in a certain environment. A sound level meter needs to be calibrated to determine the accuracy. The purpose of calibrating the sound level meter is to solve the problem of inequality of measurement results when measuring using the instrument. Calibration of the sound level is focused on the calibration of the Band Pass Filter with a frequency range of 63 Hz - 8000 Hz with several measuring points, namely 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz and 8000 Hz based on ISO / IEC 61672-3: 2017. In this research, a tool to calibrate the sound level meter is designed which can work automatically without moving the measuring point selector. This tool uses a processing module, a Wi-Fi module, a dashboard on a laptop and a Band Pass Filter module. The overall system test results show the accuracy level of BPF module output frequencies above 99%, the measuring point 125 Hz - 8000 Hz which is in accordance with ISO / IEC standards, and the highest L_{AF} and L_{CF} ratio values are at 63 Hz frequency which is 4.86% for L_{AF} and 4.39% for L_{CF} .

Keywords: *Measuring devices, Sound Level Meter, Calibration, Band Pass Filter*

ABSTRAK

Sound level meter adalah alat ukur kebisingan atau bunyi yang mengganggu pada suatu lingkungan tertentu. Sound level meter perlu dikalibrasi untuk mengetahui ketelitian dari alat ukur tersebut. Tujuan dari kalibrasi sound level meter adalah untuk mengatasi permasalahan ketidaksamaan hasil pengukuran ketika mengukur menggunakan alat ukur tersebut. Kalibrasi pada sound level difokuskan pada kalibrasi Band Pass Filter dengan rentang frekuensi 63 Hz – 8000 Hz dengan beberapa titik ukur yaitu 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz berdasarkan ISO/IEC 61672-3:2017. Pada penelitian ini dirancang suatu alat untuk mengkalibrasi sound level meter yang dapat bekerja secara otomatis tanpa menggerakkan selektor titik ukur. Alat yang dirancang menggunakan modul pemroses, modul Wi-Fi, dashboard pada laptop dan modul Band Pass Filter. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan tingkat akurasi frekuensi output modul BPF diatas 99%, titik ukur 125 Hz - 8000 Hz yang sudah sesuai standar ISO/IEC, dan nilai perbandingan L_{AF} dan L_{CF} tertinggi berada pada frekuensi 63 Hz yaitu sebesar 4,86% untuk L_{AF} dan 4,39 % untuk L_{CF} .

Kata kunci: *Alat ukur, Sound Level Meter, Kalibrasi, Band Pass Filter*

1. Pendahuluan

Kebisingan adalah terjadinya bunyi yang tidak dikehendaki sehingga mengganggu atau membahayakan bagi kesehatan [1]. Bising dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti gangguan fisiologis, gangguan psikologis, gangguan komunikasi dan ketulian. Gangguan psikologis dapat berupa rasa tidak nyaman, kurang konsentrasi, susah tidur, dan cepat marah [2]. Terdapat berbagai sumber kebisingan berasal dari lingkungan, diantaranya bising industri (pabrik), bandar udara, jalan raya, dan tempat-tempat hiburan. Beberapa pekerjaan yang selalu dihadapkan dengan kebisingan antara lain pertambangan, pembuatan terowongan, penggalian (peledakan, pengeboran), pekerjaan yang menggunakan mesin-mesin berat (percetakan, proses penempaan besi, mesin tekstil, mesin kertas), pekerjaan mengemudikan mesin dengan tenaga pembakaran yang kuat (truk, kendaraan konstruksi) dan uji coba mesin jet. Untuk mengetahui besar kebisingan dapat diukur dengan menggunakan sound level meter.

Sebuah alat ukur seperti sound level meter sebaiknya telah dikalibrasi, sehingga pengguna dapat mengetahui seberapa besar ketepatan dari alat ukur tersebut. Berkaitan dengan penggunaan alat ukur, sering ditemukan kasus ketidaksamaan hasil pengukuran. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya tidak beroperasinya alat ukur dengan baik atau alat ukur memberikan data hasil pengukuran yang salah. Permasalahan ketidaktepatan dalam pengukuran dari suatu alat ukur ini dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi ulang pada alat tersebut. Kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu [3].

Beberapa survei mengenai alat kalibrasi *sound level meter* telah dilakukan. Survei pertama dilakukan secara langsung dengan mengunjungi laboratorium akustik milik PT. KALIMAN dan survei kedua dilakukan dengan studi literatur terhadap publikasi ilmiah yang ditulis oleh Pusat Penelitian Metrologi LIPI yang berjudul

"Pembuatan Kotak Akustik Kedap Suara yang Digunakan untuk Kalibrasi *Sound Level Meter*" [2].

Kalibrasi *sound level meter* yang dilakukan di PT. KALIMAN menggunakan sebuah alat yang bernama *multifunction acoustic calibrator*. Alat ini digunakan sebagai filter untuk menghindari *noise* yang dihasilkan oleh sumber suara pada saat pengukuran berlangsung. Filter yang digunakan yaitu *Band Pass Filter*, *Band Pass Filter* adalah sebuah filter yang meloloskan frekuensi tertentu pada rentang tertentu dan melemahkan sinyal yang memiliki frekuensi di luar rentang tersebut [1]. Filter tersebut menggunakan selektor pemindah frekuensi sesuai titik ukur dan digerakkan secara manual. *Band Pass Filter* (BPF) yang digunakan adalah dengan rentang frekuensi 63 Hz – 8000 Hz dengan beberapa titik ukur yaitu 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh ISO/IEC 61672-3:2017 "Electroacoustic-Sound Level Meters-Periodic Tests" [4]. Berdasarkan alat kalibrasi dari PT. KALIMAN di atas tercetuslah suatu ide inovasi untuk menyempurnakan alat kalibrasi yang sudah ada, yaitu untuk merancang selektor filter yang dapat digerakkan secara otomatis dengan menggunakan aplikasi pada laptop melalui jaringan nirkabel dalam hal ini *Wireless Fidelity (Wi-Fi)*. Untuk merealisasikan pengendali otomatis tersebut dibutuhkan modul pemroses yaitu mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah berbagai masukan dan keluaran sistem. Modul *Wi-Fi* digunakan sebagai penunjang dalam sistem untuk menghubungkan laptop dengan modul pemroses.

Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian ini didesain dan direalisasikan alat kalibrasi *sound level meter* otomatis menggunakan modul pemroses dengan jaringan *Wi-Fi* dan rentang ukur 63 Hz – 8000 Hz. Alat ini sebagai pengembangan dari alat *multifunction acoustic calibrator* yang dimiliki oleh PT. KALIMAN. Penentuan rentang ukur dan titik ukur tersebut berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh ISO/IEC 61672-3:2017 "Electroacoustic-Sound Level Meters-Periodic Tests" untuk pengukuran *sound level meter class 2*. Selain standar tersebut di atas terdapat standar

lain yang di dalamnya berisi *acceptable frequencies limits* yaitu ISO/IEC 61672-1:2017 “*Electroacoustic-Sound Level Meters*”.

2. Kajian Pustaka

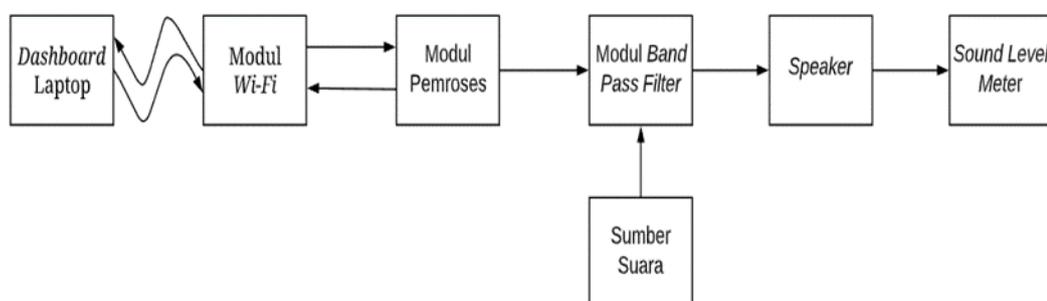
Sound Level Meter (SLM) adalah alat pengukur level kebisingan, alat ini mampu mengukur kebisingan antara 30-130 dB dan rentang ukur frekuensi 20-20000 Hz [5]. *Sound Level Meter* terdiri dari mikrofon, *amplifier*, *weighting network* dan layer dalam satuan desibel (dB). Level pada SLM biasanya disimbolkan dengan huruf L dan diikuti huruf *subscript* di sebelah kanannya untuk menunjukkan kuantitas level yang disimbolkan. Pembobotan adalah rangkaian elektronik yang kepekaannya berubah sesuai dengan perubahan frekuensi telinga manusia. Ada 4 macam pembobotan yaitu A, B, C dan D. Pembobotan A mendekati kesamaan pada tingkat kebisingan rendah, sedang B pada tingkat kebisingan sedang, C pada tingkat kebisingan tinggi dan D pada saat telinga merespon bunyi yang muncul dari pesawat [6, 7, 8]. Pada pengukuran secara subjektif terhadap respons telinga manusia, ternyata ditemukan bahwa bobot B dan C seringkali tidak tepat. Hal ini terjadi karena yang dijadikan acuan lebih cenderung untuk mengukur bunyi-bunyi dengan satu jenis penekanan saja, sementara dalam kehidupan sehari-hari, dalam waktu bersamaan seringkali kita mendengar bunyi-bunyi dalam bermacam-macam penekanan. Sebaliknya bobot A, hasil pengukuran tingkat kekerasan yang dirasakan orang umumnya tepat. Itu sebabnya, bobot inilah yang lebih banyak sebagai pedoman pengukuran [7]. Pembobotan B dan D tidak lagi umum digunakan sejak IEC 61672 tahun 2003. Terdapat dua klasifikasi SLM yaitu *class 1* (Tipe 1) dan *class 2* (Tipe 2). Klasifikasi tersebut berdasarkan kegunaan dan kebutuhan pengguna. Tipe 1 digunakan untuk pengukuran dengan nilai presisi yang baik, khususnya pada penelitian dan kalibrasi di laboratorium. Tipe 2 digunakan untuk pengukuran atau survei kebisingan lingkungan dan industri [9]. SLM Tipe 1 dapat mengukur Level Pembobotan A, C, dan Linier (Z), pada SLM Tipe 2 hanya dapat mengukur Level Pembobotan A dan C.

3. Metode penelitian

Alat kalibrasi *sound level meter* ini dibuat secara otomatis tanpa menggerakkan selektor titik ukur. Alat ini menggunakan modul pemroses, modul *Wi-Fi*, *dashboard* pada laptop dan modul *Band Pass Filter* (BPF). Modul pemroses digunakan sebagai otak pada rancangan alat ini. Modul pemroses akan terhubung dengan modul *Wi-Fi*. Modul *Wi-Fi* merupakan jaringan komunikasi antara modul pemroses dengan laptop pengguna.

Laptop dilengkapi dengan *dashboard* sebagai antarmuka bagi pengguna. Dashboard mendapatkan perintah dari pengguna yang telah terhubung dengan jaringan *Wi-Fi*. Modul Pemroses akan meneruskan perintah tersebut ke modul BPF. Modul BPF pada rancangan alat ini akan berfungsi sebagai filter yang meloloskan frekuensi tertentu pada rentang tertentu dan melemahkan sinyal yang memiliki frekuensi di luar rentang tersebut. Modul BPF akan memfilter sumber suara yang berasal dari *software* daqarta yang telah dipasang sebelumnya pada laptop. Sumber suara merupakan *input* dari rancangan alat kalibrasi ini.

Suara yang telah difilter oleh modul BPF diteruskan ke *speaker*, *speaker* merupakan *output* dari alat yang dirancang dan akan diukur oleh *sound level meter* yang sudah mendapatkan sertifikat kalibrasi dari LIPI. Hasil yang tertera pada *sound level meter* dibandingkan dengan standar yang dimiliki oleh PT. KALIMAN. Metode alat kalibrasi *sound level meter* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Diagram blok alat kalibrasi *sound level meter*.



Gambar 1 Diagram Blok Alat Kalibrasi *Sound Level Meter*

3.1 Dashboard Laptop

Dashboard pada laptop berfungsi sebagai antarmuka bagi pengguna [3]. *Dashboard* pada laptop akan ditampilkan 3 tombol untuk mode otomatis dan 8 tombol untuk mode manual. Tombol pada *dashboard* akan dipilih menggunakan *mouse* pengguna. Pengguna mengarahkan *mouse* pada tombol dan menekan tombol sebelah kiri pada *mouse* tersebut. Tombol diberikan warna berbeda untuk membedakan satu sama lain. Pilihan tombol untuk mode otomatis pada *dashboard* adalah tombol *start*, *stop* dan *pause*. Tombol mulai pada *dashboard* berfungsi untuk memulai pengukuran kalibrasi sesuai titik ukur yang telah ditentukan. Tombol selesai untuk mengakhiri proses kalibrasi, dan tombol *pause* untuk menghentikan sementara proses kalibrasi. Apabila tombol *pause* ditekan maka tombol tersebut berubah menjadi *resume*, tombol *resume* ini berfungsi untuk melanjutkan kembali proses kalibrasi. Mode manual terdiri dari 8 tombol, Tombol-tombol tersebut diberikan keterangan berupa nilai frekuensi sesuai titik ukur kalibrasi yaitu 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz. Tombol manual merupakan tambahan dari rencana realisasi awal dengan tujuan apabila mode otomatis tidak berfungsi kalibrasi tetap dapat dilakukan.

3.2 Modul Pemroses

Modul pemroses pada sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266, dan untuk melakukan pemrograman menggunakan perangkat lunak Arduino IDE [10]. Modul pemroses bertujuan untuk menampilkan *dashboard* dan mengatur perpindahan selektor pada modul *Solid State Relay* (SSR). Modul NodeMCU ESP8266 dijadikan sebagai otak pada rancangan ini terhubung dengan modul SSR dan LCD sebagai tampilan. Delapan kanal yang terdapat pada modul NodeMCU yaitu D0-D7 dihubungkan langsung dengan delapan kanal modul SSR yaitu CH1-CH8.

3.3 Modul *Band Pass Filter*

Modul BPF ini untuk memilih kanal BPF dari sumber suara. Modul BPF yang digunakan yaitu modul BPF DMS1831 [11]. Sumber suara yang dihasilkan akan masuk ke dalam BPF untuk melemahkan frekuensi yang tidak diinginkan dengan menentukan nilai frekuensi *cut-off* sesuai titik ukur yaitu 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz dan 8000 Hz. Penentuan titik ukur tersebut berdasarkan aturan yang ditetapkan oleh ISO/IEC 61672-3:2017 untuk pengukuran *sound level meter class 2*. Modul NodeMCU akan mendeteksi perintah pengguna, setelah dibaca oleh modul NodeMCU besar frekuensi akan ditampilkan pada LCD. Nilai *cut-off* yang akan dipakai ditentukan untuk diteruskan ke *speaker*. Perpindahan satu kanal BPF ke kanal lainnya diatur dengan tunda waktu oleh NodeMCU pada SSR.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui perangkat yang digunakan dapat berfungsi dengan baik. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian modul BPF, dan pengujian pembobotan dengan menggunakan *sound level meter*.

Pengujian modul BPF dilakukan untuk memastikan *output* dari modul tersebut sesuai dengan titik ukur pada rancangan alat ini sehingga memiliki tiga aspek penting dalam kalibrasi yaitu akurasi, presisi dan sensitivitas. Akurasi mendefinisikan seberapa dekat hasil pengukuran atau eksperimen dengan nilai yang sebenarnya, presisi merupakan kemampuan alat ukur untuk memberikan hasil pengukuran yang konsisten pada pengukuran berulang dan kepekaan (sensitivitas) menyatakan berapa besarnya harga pengukuran untuk setiap satuan harga sinyal *input* [12].

Pengujian frekuensi *output* pada modul BPF dilakukan sebanyak 10 kali dengan menggunakan *function generator* sebagai *input* frekuensi yang terhubung langsung dengan bagian *input* modul BPF dan *oscilloscope* sebagai pembaca *output* frekuensi. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian Frekuensi Output BPF

Pengamatan	Frekuensi <i>Output</i> (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1.	63,05	125,0	249,8	499,5	1004,0	2000,0	4000,0	8008,0
2.	63,13	125,0	250,0	498,5	1002,0	1995,0	4000,0	7989,0
3.	63,13	125,3	250,0	498,5	1001,0	1999,0	3992,0	8032,0
4.	63,05	125,0	249,8	498,5	1000,0	2000,0	4000,0	8000,0
5.	62,97	125,2	250,3	500,0	999,0	2000,0	4000,0	8000,0
6.	63,05	125,0	250,0	501,0	1001,0	2003,0	4000,0	7984,0
7.	62,89	125,3	250,5	500,0	998,0	2000,0	4000,0	7992,0
8.	62,97	125,1	250,3	500,5	1002,0	2000,0	4000,0	8000,0
9.	62,97	125,2	250,0	500,5	1000,0	2003,0	3992,0	8000,0
10.	62,97	125,2	250,0	499,5	1002,0	2000,0	4000,0	8000,0
Rata-rata	63,018	125,13	250,07	499,65	1000,9	2000,0	3998,4	8000,5

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa modul BPF tersebut dapat berfungsi dengan baik. Sementara itu untuk mengetahui tingkat akurasi frekuensi *output* yang dihasilkan modul BPF ini dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Tingkat akurasi pada frekuensi 63 Hz.

$$\begin{aligned} \text{Nilai Perbandingan (\%)} &= \frac{\text{Rata-rata frekuensi } output - \text{Frekuensi } input}{\text{Frekuensi } input} \times 100\% \\ &= \frac{63,018 \text{ Hz} - 63 \text{ Hz}}{63 \text{ Hz}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Nilai Perbandingan (\%)} = 0,028\%$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat akurasi (\%)} &= 100\% - 0,028\% \\ &= 99,972\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan di atas maka didapatkan hasil tingkat akurasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Tabel Tingkat Akurasi Modul BPF

Frekuensi (Hz)	Tingkat Akurasi (%)
63	99,972
125	99,896
250	99,972

Frekuensi (Hz)	Tingkat Akurasi (%)
500	99,93
1000	99,91
2000	100
4000	99,96
8000	99,994

Berdasarkan perhitungan di atas tingkat akurasi frekuensi *output* pada modul BPF ini memiliki tingkat akurasi diatas 99% dan nilai tertinggi terdapat pada frekuensi 2000 Hz dengan tingkat akurasi sebesar 100%.

Pengujian pembobotan dengan *output* SLM sama dengan pengujian sistem secara keseluruhan. Perbedaan pengujian yaitu menggunakan SLM sebagai alat ukur untuk mengetahui besaran nilai yang dihasilkan oleh alat kalibrasi SLM ini. SLM diletakkan pada *speaker* dan sistem dioperasikan pada titik ukur yang sudah ditentukan. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali. Pengujian pembobotan dengan *output* SLM untuk level kebisingan pembobotan A / mendekati kesamaan pada tingkat kebisingan rendah (L_{AF}) dan level kebisingan pembobotan C / mendekati kesamaan pada tingkat kebisingan tinggi (L_{CF}) dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil pengujian pada Tabel 3 tersebut dibandingkan dengan hasil pada alat standar yang dimiliki oleh PT. KALIMAN. Hasil pengujian alat kalibrasi yang dimiliki oleh PT. KALIMAN dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Pengujian Pembobotan Dengan *Output* SLM

Frekuensi (Hz)	Pengukuran									
	1		2		3		4		5	
	L_{AF} (dB)	L_{CF} (dB)								
63	64,5	89,1	64,5	89,1	64,5	89,1	64,5	89,1	64,5	89,1
125	77,9	93	77,9	93,0	77,9	93	77,9	93,0	77,9	93,0
250	85,4	94,0	85,4	94,0	85,4	94,0	85,4	94,0	85,4	94,0
500	90,8	94,0	90,8	94,0	90,8	94,0	90,8	94,0	90,8	94,0
1000	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0

Frekuensi (Hz)	Pengukuran									
	1		2		3		4		5	
	L _{AF} (dB)	L _{CF} (dB)								
2000	94,5	93,4	94,5	93,4	94,5	93,4	94,5	93,4	94,5	93,4
4000	93,4	91,6	93,4	91,6	93,4	91,6	93,4	91,6	93,4	91,6
8000	91,7	89,4	91,7	89,4	91,7	89,4	91,7	89,4	91,7	89,4

Tabel 4 Pengujian Alat Kalibrasi PT. KALIMAN

Frekuensi (Hz)	Pengukuran									
	1		2		3		4		5	
	L _{AF} (dB)	L _{CF} (dB)								
63	67,8	93,2	67,8	93,2	67,8	93,2	67,8	93,2	67,8	93,2
125	77,8	93,9	77,8	93,9	77,8	93,9	77,8	93,9	77,8	93,9
250	85,4	94,1	85,4	94,1	85,4	94,1	85,4	94,1	85,4	94,1
500	90,8	94,0	90,8	94,0	90,8	94,0	90,8	94,0	90,8	94,0
1000	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0	94,0
2000	95,3	94,0	95,3	94,0	95,3	94,0	95,3	94,0	95,3	94,0
4000	95,0	93,2	95,0	93,2	95,0	93,2	95,0	93,2	95,0	93,2
8000	92,9	90,6	92,9	90,6	92,9	90,6	92,9	90,6	92,9	90,6

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat perbedaan hasil antara alat yang dirancang dan alat sebelumnya. Besar nilai pada alat yang dirancang lebih rendah dari alat kalibrasi yang dimiliki oleh PT. KALIMAN. Hasil pengujian dengan nilai yang sama terdapat pada frekuensi 250 Hz – 1000 Hz. Hal ini dikarenakan resistor variabel alat yang dirancang hanya sebesar 50 K Ω pada modul BPF. Sementara itu pada alat standar yang dimiliki oleh PT. KALIMAN besar resistor variabel 500 K Ω . Jika melihat besar nilai deviasi yang dapat diterima untuk standar alat kalibrasi *sound level meter class 2* berdasarkan ISO 61672-1:2017 batas deviasi

yang dapat diterima pada alat ini yaitu dari frekuensi 125 Hz – 8000 Hz. Tabel nilai deviasi untuk alat kalibrasi *sound level meter class 2* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Deviasi Untuk Alat Kalibrasi Sound Level Meter Class 2 [4]

Nominal Frequency (Hz)	Frequency Weightings (dB)			Acceptance Limits, dB Performance class	
	A	C	Z	1	2
10	-70.4	-14.3	0.0	+3.0; -∞	+5.0; -∞
12.5	-63.4	-11.2	0.0	+2.5; -∞	+5.0; -∞
16	-56.7	-8.5	0.0	+2.0; -4.0	+5.0; -∞
20	-50.5	-6.2	0.0	±2.0	±3.0
25	-44.7	-4.4	0.0	+2.0; -1.5	±3.0
31.5	-39.4	-3.0	0.0	±1.5	±3.0
40	-34.6	-2.0	0.0	±1.0	±2.0
50	-30.2	-1.3	0.0	±1.0	±2.0
63	-26.2	-0.8	0.0	±1.0	±2.0
80	-22.5	-0.5	0.0	±1.0	±2.0
100	-19.1	-0.3	0.0	±1.0	±1.5
125	-16.1	-0.2	0.0	±1.0	±1.5
160	-13.4	-0.1	0.0	±1.0	±1.5
200	-10.9	0.0	0.0	±1.0	±1.5
250	-8.6	0.0	0.0	±1.0	±1.5
315	-6.6	0.0	0.0	±1.0	±1.5
400	-4.8	0.0	0.0	±1.0	±1.5
500	-3.2	0.0	0.0	±1.0	±1.5
630	-1.9	0.0	0.0	±1.0	±1.5
800	-0.8	0.0	0.0	±1.0	±1.5
1,000	0	0	0	±0.7	±1.0
1,250	+0.6	0.0	0.0	±1.0	±1.5
1,600	+1.0	-0.1	0.0	±1.0	±2.0
2,000	+1.2	-0.2	0.0	±1.0	±2.0
2,500	+1.3	-0.3	0.0	±1.0	±2.5
3,150	+1.2	-0.5	0.0	±1.0	±2.5
4,000	+1.0	-0.8	0.0	±1.0	±3.0

Nominal Frequency (Hz)	Frequency Weightings (dB)			Acceptance Limits, dB Performance class	
	A	C	Z	1	2
5,000	+0.5	-1.3	0.0	±1.5	±3.5
6,300	-0.1	-2.0	0.0	+1.5; -2.0	±4.5
8,000	-1.1	-3.0	0.0	+1.5; -2.5	±5.0
10,000	-2.5	-4.4	0.0	+2.0; -3.0	+5.0; -∞
12,500	-4.3	-6.2	0.0	+2.0; -5.0	+5.0; -∞
16,000	-6.6	-8.5	0.0	+2.5; -16.0	+5.0; -∞
20,000	-9.3	-11.2	0.0	+3.0; -∞	+5.0; -∞

NOTE: Frequency weightings were calculated by use one of the analytical expressions in Annex E with frequency f computed from $f = f_r [10^{0.1, -90}]$ with $f_r = 1,000$ Hz and \times an integer between 10 and 4.3. The weightings were rounded to a tenth of decibel.

Persentase perbandingan nilai alat yang dirancang dengan alat standar yang dimiliki oleh PT. KALIMAN dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Perbandingan Alat yang Dirancang dan Alat PT. KALIMAN

Frekuensi (Hz)	Persentase	
	L _{AF} (%)	L _{CF} (%)
63	4,86	4,39
125	0,13	0,95
250	0	0
500	0	0
1000	0	0
2000	0,84	0,64
4000	1,68	1,72
8000	1,30	1,32

Berdasarkan Tabel 6 persentase perbandingan terbesar yaitu pada frekuensi 63 Hz sebesar 4,86% untuk L_{AF} dan 4,39 % untuk L_{CF}. Berdasarkan Tabel 6 tersebut

diketahui bahwa pada alat ini yang memiliki nilai perbandingan lebih dari 4% tidak dapat digunakan untuk kalibrasi SLM.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari alat kalibrasi sound level meter berbasis mikrokontroler ini adalah sebagai berikut:

1. Tingkat akurasi frekuensi *output* modul *Band Pass Filter* lebih dari 99%.
2. Pada alat kalibrasi *sound level meter* berbasis mikrokontroler ini dapat memenuhi standar ISO/IEC 61672-1 : 2017 "Electroacoustic-Sound Level Meters" pada titik frekuensi 125 Hz – 8000 Hz, namun untuk titik ukur 63 Hz belum sesuai dengan standar tersebut.
3. Pada alat ini nilai perbandingan L_{AF} dan L_{CF} pada frekuensi 125 Hz yaitu sebesar 0,13% untuk L_{AF} dan 0,95 % untuk L_{CF} , dan pada frekuensi 8000 Hz yaitu sebesar 1,30% untuk L_{AF} dan 1,35 % untuk L_{CF} .

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak dari Teknik Elektro Universitas Tarumanagara yang telah membantu proses pembuatan perancangan alat kalibrasi *sound level meter* berbasis mikrokontroler ini.

Daftar Pustaka

- [1] F. Ondi and Asriyadi, "Eksperimen dan Simulasi Rangkaian Band Pass Filter (BPF) dengan Resistor," *Jurnal UMJ*, vol. 1, 2018.
- [2] Pusat Penelitian Metrologi, LIPI, "PEMBUATAN KOTAK AKUSTIK KEDAP SUARA YANG DIGUNAKAN UNTUK KALIBRASI SOUND LEVEL METER," in *PERTEMUAN DAN PRESENTASI KIM-LIPI KE- 42*, JAKARTA, 2016.

- [3] Ihamsyah and S. Rahmayudha, "Perancangan Model Dashboard Untuk Monitoring Evaluasi Mahasiswa," *Jurnal Pengembangan IT (JPIT)*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [4] ISO, INTERNATIONAL STANDARD IEC 61672-1 : Electroacoustic-Sound Level Meter, Geneva: ISO, 2017.
- [5] Y. A. Tuwaidan, "Rancang Bangun Alat Ukur Desibel (dB) Meter Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 2015.
- [6] M. I. Ramli, M. Hustim and U. Ariani, "ANALISIS TINGKAT KEBISINGAN PADA KAWASAN PERBELANJAAN (MALL) DI KOTA MAKASSAR DAN DAMPAKNYA TERHADAP LINGKUNGAN," *Jurnal Teknik Lingkungan Hidup*, 2014.
- [7] C. E. Mediatika, Ph.D, Akustika Bangunan, Jakarta: Erlangga, 2005.
- [8] ISO, INTERNATIONAL STANDARD IEC 61672 : Electroacoustic-Sound Level Meters, Geneva: ISO, 2002.
- [9] A. Suwandi, "Teknik Kalibrasi Sound Level Meter," in *Forum Group Discussion Kalibrasi Sound Level Meter*, Tangerang Selatan, 2020.
- [10] H. A. Rochman, R. Primananda and H. Nurwasito, "Sistem Kendali Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Protokol MQTT pada Smart Home," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 6, pp. 445-455, 2017.
- [11] N. Valentino, E. Safrianti and L. Oktaviana, "Desain Band Pass Filter untuk Jaringan Wi-Fi 3,5 GHz," *Jom TEKNIK*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [12] S. Maulida, "PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAU SUHU DAN KELEMBABAN UNTUK LABORATORIUM KALIBRASI," in *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi dan Metrologi*, Jakarta, 2018.