

**IMPLEMENTASI SOUND LEVEL METER (SLM) DAN
PERBANDINGAN KUALITAS SMARTPHONE SEBAGAI
ALAT UKUR PARAMETER AKUSTIK DI RUANG
MASJID AL-HIDAYAH KECAMATAN MEDAN
PERJUANGAN**

SKRIPSI

**DOLI RAMADHAN
0705163027**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

**IMPLEMENTASI SOUND LEVEL METER (SLM) DAN
PERBANDINGAN KUALITAS SMARTPHONE SEBAGAI
ALAT UKUR PARAMETER AKUSTIK DI RUANG
MASJID AL-HIDAYAH KECAMATAN MEDAN
PERJUANGAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains

**DOLI RAMADHAN
0705163027**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp :-

Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama : Doli Ramadhan
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163027
Program Studi : Fisika
Judul : Implementasi *Sound Level Meter (SLM)* dan Perbandingan Kualitas *Smartphone* sebagai Alat Ukur Parameter Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

dapat disetujui untuk segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Medan, 27 Oktober 2020 M
10 Rabbi'ul Awwal 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Pembimbing Skripsi II,

Zubair Aman Daulay, S.T., M.M.
NIP. -

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Implementasi *Sound Level Meter (SLM)* dan Perbandingan Kualitas *Smartphone* sebagai Alat Ukur Parameter Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Penulis : Doli Ramadhan

NIM : 0705163027

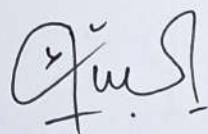
Pembimbing I : Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.

Pembimbing II : Zubair Aman Daulay, S.T., M.M.

Tanggal Sidang : 9 November 2020

Menyetujui,

Pembimbing I,



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

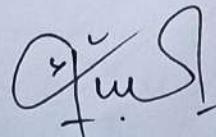
Pembimbing II,



Zubair Aman Daulay, S.T., M.M.
NIP. -

Mengetahui,

Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan



Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Doli Ramadhan
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163027
Program Studi : Fisika
Judul : Implementasi *Sound Level Meter (SLM)* dan Perbandingan Kualitas *Smartphone* sebagai Alat Ukur Parameter Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 27 Oktober 2020



Doli Ramadhan
NIM. 0705163027

PENGESAHAN SKRIPSI
Nomor: 071/ST/ ST/ST.V/PP.01.1/112020

Judul : Implementasi *Sound Level Meter (SLM)* dan Perbandingan Kualitas *Smartphone* sebagai Alat Ukur Parameter Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan
Nama : Doli Ramadhan
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163027
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Pengaji Skripsi Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Senin, 09 November 2020
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Dewan Pengaji,

Pengaji I,

Mulkan Iskandar Nasution, S.Si., M.Si.
NIB. 1100000120

Pengaji II,

Nazaruddin Nasution, M.Pd.
NIB. 1100000070

Pengaji III,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Pengaji IV,

Zubair Aman Daulay, S.T., M.M.
NIP. -

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. H. M. Jamil, M.A.
NIP. 196609101999031002

ABSTRAK

Penelitian pengukuran akustik dilakukan untuk mengetahui parameter kenyamanan akustik di dalam ruangan. Pengukuran tersebut menggunakan perangkat *sound sensor* dan aplikasi pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)* dari *smartphone*, diketahui setiap perangkat memiliki sensitivitas pengukuran yang berbeda. Maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sensitivitas *sound sensor* dari beberapa merk *smartphone* dan di antaranya yang paling direkomendasikan dalam mengukur *SPL*, mengetahui akurasi pengukuran persebaran *SPL* di dalam ruangan dengan menggunakan *smartphone*, mengetahui tingkat kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL* dan waktu dengung akustik (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan. Penelitian sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan 5 perangkat *smartphone* dan 1 perangkat *SLM* diketahui bahwa *smartphone* dengan sistem operasi iOS memiliki sensitivitas pengukuran *SPL* yang paling baik serta % *error* pengukuran persebaran *SPL* di ruang masjid tersebut yaitu 0,252 %. Pengukuran parameter kenyamanan akustik dilakukan berdasarkan persebaran *SPL* menggunakan 1 perangkat *SLM* dan *smartphone* yang direkomendasikan serta pengukuran R_T menggunakan metode *Sabine* dan menggunakan perangkat *SLM*. Diketahui bahwa suatu titik pengukuran *SPL* di Ruang Masjid tersebut pada umumnya memiliki nilai selisih yang tidak lebih dari 6 dB dengan titik pengukuran terdekat. Selisih nilai pengukuran antar titik yang tinggi dan akurasi pengukuran perangkat dipengaruhi jarak atau jangkauan sumber suara dan sifat material terhadap suara di dekat titik pengukuran. Masjid tersebut juga memiliki nilai R_T menggunakan metode *Sabine* yaitu 1,72 sekon dan menggunakan *SLM* yaitu 1,6 sekon yang artinya belum memenuhi parameter kenyamanan akustik berdasarkan R_T di ruang beribadah dan percakapan.

Kata-Kata kunci: Sensitivitas pengukuran, *smartphone*, *Sound Level Meter (SLM)*, *Sound Pressure Level (SPL)*, dan waktu dengung (R_T)

ABSTRACT

Acoustic measurement research have been done to know acoustic parameters on the room. These measurements use sound sensor device and Sound Pressure Level (SPL) measurement application from a smartphone, it's known that each device has differently measurement sensitivity. So this research aims to determine the sensitivity of sound sensor from several smartphone brands and among them the most recommended in SPL measuring, knowing the accuracy of SPL measurement on the room with smartphone using, knowing the acoustic comfort parameter based on SPL distribution and acoustic reverberation time (R_T) on the Al-Hidayah Mosque Medan Perjuangan Subdistrict. Sensitivity of SPL measurement research is using for 5 smartphone and 1 SLM device, it's known that smartphone with iOS operating system have the SPL measurement sensitivity and the error percent measurement on that mosque is 0,252 %. Acoustic parameter measurements were carried out based on the SPL distribution using 1 SLM device and the recommended smartphone, and R_T measurements with using the Sabine method and SLM device. It's known that SPL measurement point on the mosque room generally hasn't more than 6 dB difference value with the closest measurement point. The difference value on measurement points and device accuracy measurement is affected by distance or range of the sound source and material properties near measurement point. The mosque also has R_T value with using for Sabine method is 1.72 sekon and SLM using is 1.6 sekon, which means doesn't meet acoustic comfort parameters yet based on prayer and conversation room.

Keywords: *Sensitivity measurement, smartphone, Sound Level Meter (SLM), Sound Pressure Level (SPL), and Reverberation Time (R_T)*

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan rezeki-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Salawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan yang baik bagi umat manusia, sehingga penyusunan skripsi ini dengan judul “Implementasi Sound Level Meter (SLM) dan Perbandingan Kualitas Smartphone sebagai Alat Ukur Parameter Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan” dapat diselesaikan.

Dalam penulisan skripsi ini banyak sekali hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun dapat dilewati berkat pertolongan Allah SWT serta bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah memberikan semangat, kerja sama, dan memanjatkan doa, yang menjadikan penulis termotivasi dan tulus serta ikhlas. Saya mengucapkan terimakasih setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. H. Syahrin Harahap, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. H. M. Jamil, M.A. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan selaku pembimbing I serta Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd. selaku sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Zubair Aman Daulay, S.T., M.M. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk bimbingannya.
5. Segenap Dosen pengajar Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan yang telah membekali pengetahuan, bimbingan, dan arahan selama belajar di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

6. Kepada kedua orangtua penulis yaitu Zulhaji Batubara dan Linda Nora Siregar. Terima kasih menjadi penyemangat utama bagi penulis, memberikan kasih sayang tiada henti dan selalu memanjatkan doa untuk penulis.
7. Terima kasih kepada teman-teman di kelas Fis 1 Stambuk 2016 yang kompak dan Nur'aini Fadillah yang selalu memotivasi dan mendukung saya, serta teman-teman seluruhnya yang duduk di bangku kuliah Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan yang mendoakan saya.
8. Saudaraku Zira Faza Zarasky dan Zizo Billahi Azila yang memberikan kasih sayang untuk keluarga.
9. Keluarga besar ayah dan ibu terima kasih untuk doa dan semangat yang diberikan.
10. Pengurus Badan Kenaziran Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan untuk bantuan dan dukungan yang diberikan selama penelitian.
11. Kepada semua pihak yang tidak sempat penulis tuliskan satu persatu dan telah memberikan kontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian studi, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tentu masih ada terdapat kesalahan dan kekurangan, maka diharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan skripsi ini. Penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan dari semua pihak dan mudah-mudahan skripsi ini dapat berguna bagi kita semua. Semoga Allah SWT selalu meridhoi hambaNya. Aamiin.

Medan, 27 Oktober 2020
Penulis,



Doli Ramadhan

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|----------------------------------------------|------------|
| ABSTRAK..... | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR..... | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Bunyi..... | 5 |
| 2.2 Peristiwa Akustik di Dalam Ruangan | 10 |
| 2.3 Waktu Dengung | 13 |
| 2.4 <i>Sound Level Meter (SLM)</i> | 17 |
| 2.5 <i>Smartphone</i> | 19 |
| 2.6 Sensitivitas Pengukuran | 22 |
| 2.7 Penelitian yang Relevan..... | 24 |
| 2.8 Hipotesis..... | 25 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 26 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 26 |
| 3.1.1 Waktu Penelitian | 26 |
| 3.1.2 Tempat penelitian | 26 |
| 3.2 Peralatan Penelitian | 26 |
| 3.3 Diagram Alir Penelitian | 28 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4 Prosedur Penelitian | 29 |
| 3.4.1 Prosedur Penentuan Sensitivitas Pengukuran <i>Sound Pressure Level (SPL)</i> dengan menggunakan <i>smartphone</i> | 29 |
| 3.4.2 Prosedur Pengukuran Persebaran <i>Sound Pressure Level (SPL)</i> Di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan..... | 30 |
| 3.4.3 Prosedur Pengukuran Waktu Dengung (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 34 |
| 4.1 Sensitivitas Pengukuran <i>Sound Pressure Level (SPL)</i> Menggunakan <i>Smartphone</i> | 34 |
| 4.1.1 Frekuensi 125 Hz | 34 |
| 4.1.1 Frekuensi 250 Hz..... | 36 |
| 4.1.2 Frekuensi 500 Hz..... | 38 |
| 4.1.3 Frekuensi 1.000 Hz..... | 39 |
| 4.1.4 Frekuensi 2.000 Hz..... | 42 |
| 4.1.6 Frekuensi 4.000 Hz | 44 |
| 4.2 Parameter Kenyamanan Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan | 46 |
| 4.2.1 Persebaran <i>Sound Pressure Level (SPL)</i> | 46 |
| 4.2.2 Waktu Dengung Akustik (R_T) | 50 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 57 |
| 5.1 Kesimpulan | 57 |
| 5.2 Saran | 58 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 59 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Judul Gambar | Halaman |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 2.1 | Proses terjadinya bunyi..... | 5 |
| 2.2 | Perambatan gelombang bunyi pada medium udara | 9 |
| 2.3 | Peristiwa akustik di dalam ruang | 12 |
| 2.4 | Grafik waktu dengung yang dianjurkan untuk berbagai macam volume ruangan..... | 15 |
| 2.5 | Kurva peluruhan bunyi untuk waktu dengung (R_T) | 17 |
| 2.6 | Blok diagram dari <i>Sound Level Meter (SLM)</i> | 18 |
| 2.7 | 407750 <i>Sound Level Meter (SLM)</i> GM 1356 | 19 |
| 2.8 | Pengguna <i>smartphone</i> di Indonesia 2016-2019 | 20 |
| 2.9 | Berbagai sensor dan koneksi di <i>smartphone</i> | 21 |
| 2.10 | Pengukuran <i>SPL</i> pada aplikasi <i>smartphone</i> | 22 |
| 2.11 | Sensitivitas pengukuran..... | 23 |
| 3.1 | Diagram alir penelitian | 28 |
| 3.2 | Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan dan titik pengukuran <i>SPL</i> | 32 |
| 4.1 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 125 Hz | 35 |
| 4.2 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 250 Hz | 37 |
| 4.3 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 500 Hz | 39 |
| 4.4 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 1.000 Hz | 41 |
| 4.5 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 2.000 Hz | 43 |
| 4.6 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 4.000 Hz | 45 |

| | | |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.7 | Peta kontur 2 dimensi pengukuran persebaran <i>SPL</i> menggunakan <i>SLM</i> di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan..... | 49 |
| 4.8 | Peta kontur 3 dimensi pengukuran persebaran <i>SPL</i> menggunakan <i>SLM</i> di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan..... | 49 |
| 4.9 | Peta kontur 2 dimensi pengukuran persebaran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan | 50 |
| 4.10 | Peta kontur 3 dimensi pengukuran persebaran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan | 50 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Judul Tabel | Halaman |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 2.1 | Kecepatan rambat bunyi dalam medium tertentu | 9 |
| 2.2 | Koefisien absorpsi (α) beberapa material bangunan | 16 |
| 2.3 | Penelitian yang relevan..... | 24 |
| 3.2 | Prosedur analisis jumlah data pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> | 29 |
| 3.3 | Prosedur analisis hasil sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> | 30 |
| 4.1 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 125 Hz | 35 |
| 4.2 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 250 Hz | 37 |
| 4.3 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 500 Hz | 38 |
| 4.4 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> Realme C11 dengan frekuensi 1.000 Hz | 40 |
| 4.5 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 2.000 Hz | 42 |
| 4.6 | Sensitivitas pengukuran <i>SPL</i> menggunakan <i>smartphone</i> dengan frekuensi 4.000 Hz | 44 |
| 4.7 | Data pengukuran persebaran <i>SPL</i> di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan | 47 |
| 4.8 | Permukaan sisi depan ruang masjid | 51 |
| 4.9 | Permukaan sisi kanan ruang masjid | 51 |
| 4.10 | Permukaan sisi belakang ruang masjid | 52 |
| 4.11 | Permukaan sisi kiri ruang masjid | 53 |
| 4.12 | Permukaan sisi alas ruang masjid | 53 |
| 4.13 | Permukaan sisi atap ruang masjid | 53 |
| 4.14 | Permukaan sisi lainnya ruang masjid | 54 |

| | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.15 | Nilai waktu dengung akustik (R_T) menggunakan metode <i>Sabine</i> di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan | 55 |
| 4.16 | Data pengukuran waktu dengung akustik (R_T) menggunakan <i>SLM</i> | 55 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Judul Lampiran |
|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | Peralatan Penelitian |
| 2 | Peninjauan Lokasi |
| 3 | Proses Penelitian |
| 4 | Teknik Pengambilan Data dan Analisis |

DAFTAR SIMBOL

Latin Letters

- ΣA = Jumlah luas permukaan kali koefisien absorpsi ($L \cdot \alpha$)
 e_i = Nilai *input SPL* atau nilai *SPL* yang dibaca *SLM* (dB)
 e_o = Selisih nilai pembacaan *SPL* menggunakan *smartphone* dengan *SLM* (dB)
 f = Frekuensi suara (*sound frequency*) (Hz)
 l = Lebar (m)
 L = Luas permukaan pembatas ruangan (m^2)
 L_P = Tingkat tekanan suara (*sound pressure level*) (dB)
 n = Banyak data
 P = Tekanan suara (*sound pressure*) (Pa)
 P_0 = Nilai ambang tekanan suara (*sound pressure reference*) ($20 \mu\text{Pa}$)
 R_T = Waktu dengung (*reverberation time*) (s)
 p = Panjang (m)
 r = Jari-jari (m)
 t = Tinggi (m)
 V = Volume ruangan (m^3)
 v = Kecepatan rambat dan getaran suara (*velocity*) (m/s)

Greek Letters

- α = Koefisien absorpsi (*absorber coefficient*)
 λ = Panjang gelombang (*wave length*) (m)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Manusia pada umumnya melakukan aktivitas sehari-hari di dalam ruangan. Pada suatu ruangan terdapat beraneka ragam bentuk, luas, dan volumenya serta memiliki banyak fungsi seperti beribadah berjamaah dilakukan di dalam ruang masjid. Ruang masjid merupakan ruang utama umat muslim dalam melaksanakan ibadah solat dan pengajian. Dalam melaksanakan kegiatan tersebut dibutuhkan *speaker* atau pengeras suara agar seluruh jamaah dapat mendengar suara dengan baik. Maka di dalam suatu ruangan perlu diketahui parameter kenyamanan akustik yang disesuaikan dengan tujuan ruangan tersebut.

Parameter kenyamanan akustik dalam suatu ruangan terdiri atas berbagai macam seperti persebaran *Sound Pressure Level (SPL)*, waktu dengung (R_T), dan lain-lain. Pada umumnya pengukuran *SPL* dilakukan dengan menggunakan perangkat *Sound Level Meter (SLM)* seperti pada penelitian Suyatno (2017) yaitu mengukur beberapa parameter kenyamanan akustik dalam ruang sidang kampus dan mengilustrasikannya ke dalam peta kontur. Pengukuran parameter akustik menggunakan perangkat *SLM* diketahui harganya sangat mahal dan jarang diperjualbeli oleh masyarakat. Maka para peneliti khusunya di bidang sains dan teknologi menciptakan dan mengembangkan akses untuk mempermudah manusia dalam melakukan pengukuran *SPL* tersebut.

Seiring berkembangnya zaman, banyak sekali orang yang menggunakan perangkat *smartphone* untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan hidupnya. Semua *smartphone* memiliki *sound sensor* untuk mendekripsi suara. Dengan adanya *sound sensor*, para ahli mengembangkan aplikasi pengukuran *SPL* yang dapat diakses secara gratis dan penggunaannya yang praktis. Adanya aplikasi dan merk *smartphone* yang berbeda tentunya memiliki akurasi ataupun sensitivitas pengukuran yang berbeda. Fogola (2015) melakukan penelitian dengan membandingkan *error* beberapa *smartphone* dalam mengukur *SPL* dan menganalisis perbedaan frekuensi dengan akurasi pengukuran *SPL*. Murphy (2016) dalam penelitiannya menganalisis aplikasi pengukuran *SPL*, dan umur

smartphone terhadap akurasi pengukuran *SPL*. Merujuk dari penelitian tersebut maka perlu diberi pengembangan metode yaitu menentukan nilai sensitivitas pengukuran pada beberapa *smartphone* terhadap *SLM*.

Saat melakukan pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *smartphone* dan *SLM* di dalam ruangan tentunya ada banyak titik pengukuran yang tersebar. Dari hasil pengukuran persebaran *SPL* tersebut maka dapat dianalisis hal yang memengaruhi akurasi pengukuran persebaran *SPL* di dalam ruangan menggunakan *smartphone* tersebut. Sebagai penelitian tambahan dilakukan pula pengukuran parameter kenyamanan akustik lainnya di dalam ruangan yaitu menentukan waktu dengung akustik (R_T).

Dalam Alquran manusia dituntut untuk mempelajari ilmu di dunia untuk mengetahui tanda kebesaran Allah SWT dan mendekatkan diri kepada-Nya, sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Yunus ayat 101 yaitu:

قُلْ أَنظِرُوا مَادَا فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغَنِّي الْآيَتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ ۚ ۱۰۱

Artinya: "Katakanlah "Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman." (Q.S Yunus: 101)

Ayat tersebut memiliki makna perintah kepada kaum Rasulullah SAW, yaitu berpikir dan mengambil pelajaran dari apa yang ada di langit dan di bumi yang berisi tanda-tanda kuasa Allah SWT yang nyata, begitu pula dalam mengambil pelajaran yang berada di lingkungan sekitar manusia. (Al-Muyassar)

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sensitivitas *sound sensor* dari beberapa merk *smartphone* dan manakah di antaranya yang paling direkomendasikan dalam pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)* di dalam ruangan?
2. Bagaimana akurasi pengukuran persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* di dalam ruangan dengan menggunakan *smartphone*?

3. Bagaimana tingkat kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan?
4. Bagaimana tingkat kenyamanan akustik berdasarkan waktu dengung akustik (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pengujian parameter akustik yaitu:

1. Pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)* dan waktu dengung (R_T) dengan menggunakan peralatan yaitu alat ukur *Sound Level Meter (SLM)*, perangkat *smartphone* terdiri atas lima jenis dengan merk yang berbeda dan perangkat lunak pengukur *SPL Soundmeter for Android* dan *Soundmeter X for iOS*, alat pembantu dalam pengukurannya yaitu *laptop* yang dilengkapi dengan perangkat keras *speaker* dan perangkat lunak *surfer golden V.16, tripod*, dan meteran.
2. Penelitian sensitivitas *smartphone* terhadap *SLM*, dilakukan dengan kondisi adanya sumber suara dari speaker dengan frekuensi masing-masing 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz. Dari setiap frekuensi tersebut sumber suara mengeluarkan *SPL* masing-masing nilai 70 dB, 80 dB, 90 dB, dan 100 dB kecuali pada frekuensi 125 Hz hanya 70 dB dan 80 dB. Perangkat yang di antaranya memiliki sensitivitas pengukuran yang paling baik menjadi perangkat pilihan dalam mengukur persebaran *SPL* di titik pengukuran Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan dan analisis pengaruh akurasi pengukurannya.
3. Dalam pengukuran persebaran *SPL* di masing-masing titik pengukuran ruang masjid, sumber suara berasal dari *speaker* diatur dengan frekuensi 500 Hz dan *SPL* 100 dB dan pengukuran di 36 titik pengukuran.
4. Pengukuran tingkat kenyamanan akustik juga dilakukan berdasarkan waktu dengung (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan dengan metode *Sabine* dan menggunakan *SLM*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui sensitivitas *sound sensor* dari beberapa merk *smartphone* dan di antaranya yang paling direkomendasikan dalam mengukur *Sound Pressure Level (SPL)* di dalam ruangan.
2. Untuk mengetahui akurasi pengukuran persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* di dalam ruangan dengan menggunakan *smartphone*.
3. Untuk mengetahui tingkat kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan.
4. Untuk mengetahui tingkat kenyamanan akustik berdasarkan waktu dengung akustik (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan agar mendapatkan manfaat bagi:

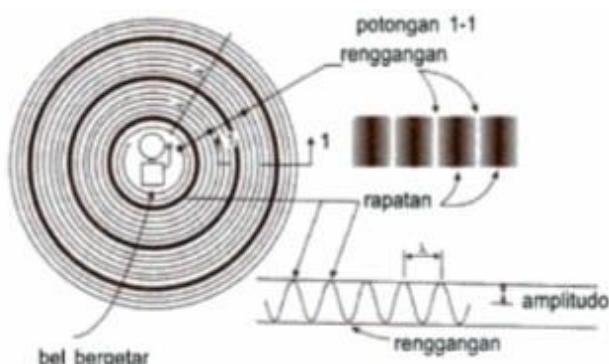
1. Masyarakat yaitu memberikan informasi mengenai tingkat kenyamanan akustik di dalam suatu ruangan seperti persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* dan waktu dengung akustik (R_T) agar lebih diperhatikan dalam membuat suatu ruangan ataupun mendesain suatu ruangan.
2. Peneliti dan mahasiswa yaitu menjadikan referensi dalam mengembangkan penelitian ini dan mempelajari tentang tingkat kenyamanan akustik di dalam ruangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bunyi

Bunyi dalam bahasa Inggris disebut *sound*, dan suara disebut *voice*. Secara bahasa bunyi tidak sama dengan suara sebab bunyi merupakan getaran yang dihasilkan oleh benda mati dan suara merupakan getaran yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Dari sudut fisika, bunyi atau suara keduanya sama, karena keduanya sama-sama merupakan getaran atau gelombang mekanik. Bunyi memiliki dua definisi, secara fisis bunyi adalah penyimpangan tekanan dan pergeseran partikel dalam medium elastis seperti udara dan secara fisiologis bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan tekanan udara yang biasanya disebabkan oleh beberapa benda yang bergetar. (Murdaka, 2008)



Gambar 2.1 Proses Terjadinya bunyi
(Sumber: Mediastika, 2005)

Semua bunyi yang terjadi berasal dari objek yang bergetar seperti kendaraan, percakapan manusia sendiri dan lain-lain. Getaran atau gerakan objek kemudian menyentuh partikel zat yang ada di dekatnya seperti gas, cairan, atau padatan, tergantung letak objek yang bergetar. Partikel zat yang pertama tersentuh (yang paling dekat dengan objek) akan meneruskan energi yang diterimanya ke partikel di sebelahnya. Dan seterusnya partikel-partikel zat akan saling bersentuhan sehingga membentuk rapatan dan rengangan yang dapat digambarkan sebagai gelombang yang merambat. Maka keberadaan zat di sekitar objek yang bergetar sering disebut dengan sumber bunyi, telah berhenti bergetar, pada keadaan tertentu perambatan gelombangnya ditangkap oleh daun telinga,

berjalan melalui kanal telinga, ikut menggetarkan daun telinga dan elemen indera pendengaran lain di dalam telinga. Selanjutnya saraf pendengaran mengirim beritanya ke otak. Ini merupakan proses manusia dalam menangkap atau mendengar bunyi yang terjadi di sekitarnya.

Agar dapat mendengar bunyi, dibutuhkan tiga hal yaitu sumber atau objek yang bergetar, medium perambatan, dan indera pendengaran. Dalam ruangan hampa udara, tidak ada partikel yang menghantar getarannya, oleh sebab itu tidak terjadinya perambatan, meskipun ada objek dan pendengar yang baik, namun bunyi yang muncul tidak dapat didengar. Perambatan gelombang bunyi pada suatu medium merupakan gelombang longitudinal, artinya arah getaran serah dengan arah rambatannya. Objek yang bergetar pada posisi bebas atau tidak terhalang objek lain akan menyentuh semua partikel zat medium di sekitarnya, sehingga perambatan gelombang bunyi terjadi ke segala arah. Ketika perambatan mengenai objek yang diam, keadaan objek itu ada kemungkinan perambatan akan memantul atau berkurang (karena diserap atau diteruskan oleh objek penghalang tersebut). (Mediastika, 2005)

Bunyi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

1. Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah atau banyaknya getaran yang terjadi dalam setiap detik. Dalam model penggambaran kurva gunung dan lembah, frekuensi adalah banyaknya gelombang *sinus* (satu set kurva sinus terdiri dari satu gunung dan satu lembah) setiap detik. Sesuai dengan nama penemunya, frekuensi dihitung dalam satuan *Hertz* (Hz). Jumlah getaran yang terjadi setiap detik sangat tergantung pada jenis objek yang bergetar atau bahan pembentuk objek tersebut. Oleh karena itu setiap benda memiliki frekuensi tersendiri yang berbeda dari benda lainnya. Pada umumnya dijelaskan bahwa benda memiliki bunyi yang khas dalam membedakan bunyi yang lain. Dengan pendengaran manusia dapat membedakan suatu material ketika menghantam sesuatu seperti logam, kayu, kain, dan lain-lain. Perbedaan bunyi suara manusia juga merupakan salah satu adanya perbedaan spektrum frekuensi.

Ketika yang bergetar adalah sumber tunggal, gelombang digambarkan sebagai gelombang sinusoidal. Sedangkan ketika beberapa bunyi yang berasal dari

frekuensi yang berbeda muncul pada saat bersamaan, gelombang sinusoidal yang tergambar akan terdiri dari beberapa gelombang yang menyatu. Kemampuan telinga manusia dalam mendengarkan bunyi-bunyi di sekitarnya dibatasi oleh ambang pendengarannya.

Frekuensi suara dibagi atas tiga tingkatan yaitu:

a. Gelombang Infrasonik

Gelombang infrasonik merupakan gelombang yang mempunyai frekuensi di bawah jangkauan manusia, yaitu lebih kecil dari 20 Hz. Gelombang infrasonik hanya mampu didengar oleh beberapa binatang seperti paus, anjing, gajah, dan lain-lain.

b. Gelombang Audiosonik

Gelombang audiosonik adalah gelombang yang mempunyai frekuensi 20 Hz-20.000 Hz. Bunyi pada gelombang ini juga dibedakan menjadi bunyi dengan frekuensi rendah (20 Hz-1.000 Hz), frekuensi sedang (1.000 Hz-4.000 Hz), dan frekuensi tinggi (4.000 Hz-20.000 Hz). Penelitian menunjukkan bahwa manusia lebih nyaman mendengarkan bunyi-bunyi dengan frekuensi rendah. Gelombang audiosonik merupakan gelombang yang mampu didengar oleh pendengaran manusia dan sebagian besar binatang.

c. Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan frekuensi di atas jangkauan pendengaran manusia, yaitu lebih besar dari 20.000 Hz. Kelelawar pada malam hari memancarkan gelombang ultrasonik dari mulutnya. Gelombang ini akan dipantulkan kembali bila mengenai benda. Dari gelombang pantul yang didengar tadi, kelelawar dapat mengetahui jarak dan ukuran benda yang berada di depannya. (Mediastika, 2005)

2. Kecepatan rambat bunyi

Kecepatan rambat dilambangkan dengan (v) yaitu jarak yang mampu ditempuh oleh gelombang bunyi pada arah tertentu dalam waktu satu detik, satunya adalah m/s (*meter per sekon*). Setiap kali objek bergetar, gelombangnya bergerak menjauh sejauh satu gelombang sinus. Maka banyaknya getaran tiap detik menunjukkan total panjang yang berpindah dalam satu sekon. Kejadian perpindahan atau perambatan gelombang terdapat dalam persamaan berikut:

$$v = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

Keterangan:

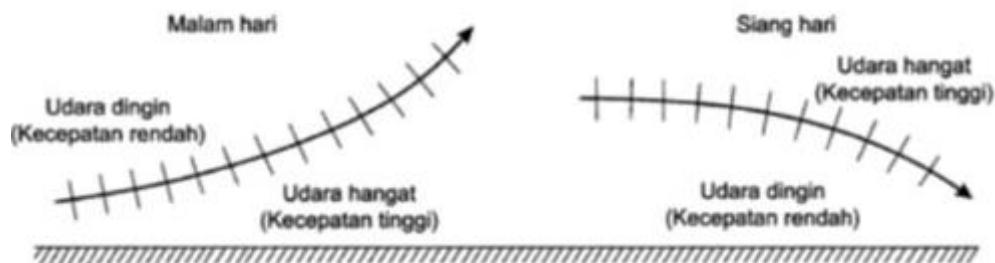
v = Kecepatan rambat gelombang (m/s)

f = Frekuensi (Hz)

λ = Panjang gelombang (m)

Kecepatan rambat bunyi bergantung pada kerapatan partikel zat medium yang dilaluinya. Kerapatan partikel ditentukan oleh susunan partikel, temperatur, dan kandungan partikel lain dalam zat, misalkan titik-titik air dalam gas (tingkat kelembapan yang relatif (*relative humidity*)). Bunyi merambat lebih cepat pada medium dengan partikel yang susunannya stabil, dan sebaliknya. Pada zat dengan partikel yang susunannya stabil, sentuhan antar partikel lebih mudah dan teratur, sehingga perambatan gelombang menjadi lebih cepat. Oleh karena itu, bunyi merambat lebih cepat merambat pada medium padat, dibandingkan dengan medium cair. Dan dalam medium cair bunyi lebih cepat merambat daripada medium gas. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perambatan gelombang bunyi lebih cepat dalam medium dengan suhu tinggi daripada dengan suhu rendah.

Kecepatan rambat bunyi dapat berubah seperti perubahan suhu udara pada saat-saat tertentu dan juga berubah ketika jenis gas yang menyusun lapisan udara berubah komposisinya. Untuk memudahkannya, maka kecepatan rambat gelombang bunyi pada medium udara ditetapkan sebagai suatu angka konstan yang umumnya diacu untuk menghitung persamaan kecepatan gelombang tersebut. Pada umumnya kecepatan rambat gelombang suara yang digunakan adalah 340 m/s yang merupakan kondisi udara normal yang terdiri dari 78% Nitrogen (N), 21% Oksigen (O₂), dan sisanya Karbon dioksida (CO₂), dan gas yang lainnya pada suhu 15 °C. Namun dikarenakan wilayah Indonesia merupakan wilayah yang beriklim tropis atau sering terpapar terik matahari, memiliki suhu 20 °C-30 °C akan lebih sesuai dipergunakan dengan kecepatan rambat gelombang bunyi sekitar 345 m/s. (Mediastika, 2005)



Gambar 2.2 Perambatan gelombang bunyi pada medium udara
(Sumber: Mediastika, 2005)

Berikut nilai rambat bunyi melalui setiap medium, yaitu:

Tabel 2.1 Kecepatan rambat bunyi dalam medium tertentu

| Medium | Kecepatan rambat bunyi (v) m/s |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Udara pada temperatur -20 °C | 319,3 |
| Udara pada temperatur 0 °C | 331,8 |
| Udara pada temperatur 10 °C | 337,4 |
| Udara pada temperatur 20 °C | 343,8 |
| Udara pada temperatur 30 °C | 349,6 |
| Gas Hidrogen | 1284 |
| Gas O ₂ | 316 |
| CO ₂ | 259 |
| Air murni | 1437 |
| Air laut | 1541 |
| Baja | 6100 |

(Sumber: Mediastika, 2005)

3. Sound Pressure Level (SPL)

Ada dua acuan dalam kekuatan bunyi, yaitu kekuatan bunyi yang diasosiasikan dengan kekuatan getaran (berkaitan dengan panjang gelombang) dan kekuatan bunyi terkait dengan amplitudo yang akan menunjukkan keras/pelannya bunyi. Kekuatan bunyi secara umum dapat diukur melalui tingkat bunyi (*sound level*) sebagai nilai atau angka berdasarkan pada nilai atau angka dasar yang dijadikan acuan. (Mediastika, 2005)

Sound pressure adalah rata-rata variasi tekanan udara di atmosfer yang disebabkan karena adanya objek bergetar yang menekan partikel udara. *Sound pressure* dihitung dalam satuan *Pascal* (Pa). Karena getaran merambat dalam wujud rapatan dan renggangan partikel, maka tekanan yang timbul selalu berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Level merupakan kuantitas yang tak

berdimensi, memiliki satuan *Bel* (B), untuk menghargai jasa Alexander Graham Bell. Dalam melakukan percobaan dibuat suatu satuan *deciBel* (dB). 1 *deciBel* sama dengan 0,1 *Bel*. Level biasanya ditunjuk oleh simbol *L*, dengan masukan untuk menunjukkan angka yang berasal dari *level*. Contoh *acoustic level* yaitu *Sound Power Level*, *Sound Intensity Level*, *Sound Pressure Level (SPL)*, dan lain-lain.

SPL tidak sebanding dengan energi, akan tetapi P^2 berbanding lurus dengan energi (intensitas atau kepadatan energi), dengan persamaan berikut:

$$L_p = 10 \log(P^2 / P_0^2) = 20 \log(P / P_0) \quad (2.2)$$

Keterangan:

L_p = Tingkat tekanan suara (*Sound Pressure Level*) (dB)

P = Tekanan suara (Pa)

P_0 = Tekanan ambang suara (Pa)

Nilai ambang tersebut ditetapkan dengan penentuan secara baik. Pada sebuah frekuensi 1.000 Hz, manusia dengan pendengaran normal hampir tidak dapat mendengar suara yang memiliki tekanan akustik 20 μPa . Maka menjadikan nilai tekanan ambang akustik 20 μPa ($p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$). (Barron, 2003)

2.2. Peristiwa Akustik di Dalam Ruangan

Peristiwa akustik adalah hal-hal yang dialami bunyi baik di dalam maupun luar ruang. Bunyi tersebut dihasilkan sumber bunyi hingga terdengar oleh indra pendengar. Komponen bunyi terdengar terbagi menjadi dua yaitu:

1. Komponen bunyi asli/langsung (*D*)

Semakin jauh jarak sumber ke pendengar, maka semakin lemah *Sound Pressure Level (SPL)*

2. Komponen bunyi pantul (*R*)

Bunyi langsung yang melemah setelah melalui jarak kritisnya, akan dibantu bunyi yang memantul sehingga bunyi tetap terdengar dalam ruangan.

Peristiwa akustik yang biasanya terjadi yaitu:

1. Bunyi dihasilkan sumber bunyi.

2. Propagasi

Perambatan gelombang bunyi ke segala arah oleh medium penghantar dipengaruhi kerapatan dan suhu medium. Semakin rapat dan semakin tinggi suhu, kecepatan rambatan semakin meningkat.

3. Refleksi

Pemantulan bunyi oleh suatu medium yang rambatnya berubah kearah sesuai sudut pantulnya. Medium berupa material *reflector* memiliki kemampuan memantulkan bunyi lebih tinggi daripada menyerap bunyi.

4. Absorpsi

Penyerapan bunyi oleh medium, yang energinya berubah menjadi energi kinetik dan kalor. Medium berupa material *absorber* lebih menyerap bunyi daripada memantulkan bunyi.

5. Difusi

Penyebaran bunyi oleh suatu medium, berubah arah tersebar ke segala arah. Medium berupa material *diffuser* berfungsi untuk menyebar arah rambatan bunyi. Berikut standar difusi di dalam ruangan yaitu:

- a. Difusi suara harus dicapai di ruang mana pun, sehingga sifat akustik penting seperti *Sound Pressure Level (SPL)*, waktu gema, dan lain-lain.
- b. Tidak akan ada perbedaan yang lebih besar dari 6 dBA *SPL* antara dua titik di area *audiens*.
- c. Geometri ruang harus tepat untuk mencapai difusi suara. Gelombang berdiri, meluaskan gema, dan lain-lain dapat menghambat terjadinya difusi akustik. (Bangladesh National Building Code, 2012)

6. Transmisi

Transmisi merupakan penerusan bunyi antar medium.

7. Difraksi

Distorsi arah rambatan bunyi akibat mengenai penghalang. Sehingga berbelok ke arah lain dari arah rambatan semula atau menuju area bayangan bunyi. Bunyi frekuensi rendah cenderung lebih mudah mengalami difraksi.

8. Refraksi

Pembiasan atau pembelokan gelombang bunyi disertai perubahan kecepatan rambat, akibat perubahan kerapatan massa medium yang dilalui. Kerapatan massa medium berubah karena mengalami perubahan suhu.

9. Dispersi

Perubahan frekuensi bunyi karena perubahan kecepatan rambat akibat perbedaan kerapatan massa atau suhu medium yang dilalui.

10. Atenuasi

Atenuasi merupakan penurunan intensitas bunyi akibat bunyi melalui suatu medium.

11. Insulasi

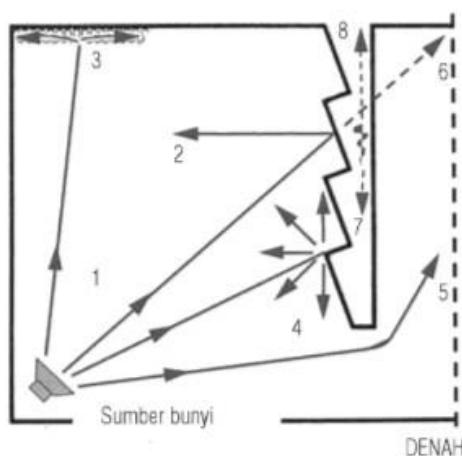
Terisolasi bunyi oleh suatu medium material *insulator*, sehingga bising tidak atau kurang terambatkan ke ruang lain.

12. Resonansi

Bergetarnya suatu benda karena menerima paparan bunyi dari sumber bunyi dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi bunyi alaminya.

13. Cacat akustik

Cacat akustik ada beberapa macam, namun yang sering terjadi yaitu gema dan gaung. (Latifah, 2015)



Gambar 2.3 Peristiwa akustik di dalam ruang
(Sumber: Latifah, 2015)

Peristiwa akustik pada auditorium *indoor*:

1. Propagasi bunyi asli

2. Refleksi oleh *reflector*
3. Absorbsi oleh absorber
4. Difusi oleh *diffuser*
5. Difraksi akibat mengenai penghalang
6. Transmisi ke ruang lain
7. Penyerapan bunyi oleh struktur bangunan hingga hilang
8. Perambatan bunyi oleh struktur bangunan (Latifah, 2015)

Bunyi akan memantul apabila menabrak beberapa permukaan sebelum sampai ke pendengar yang diakibatkan oleh bentuk ruang maupun bahan pelapis permukaannya. Bunyi sumber suara yang mengenai permukaan yang rata dan licin akan dipantulkan sejajar dengan bunyi pantulnya. Permukaan yang cembung akan menyebabkan gelombang bunyi tersebar dan permukaan cekung akan menyebabkan gelombang bunyi terkumpul atau disebut dengan pemuatan bunyi. Contoh bahan pemantul bunyi yaitu dinding semen, beton, dan keramik. (Mills, 1986)

Permukaan bunyi yang bersifat menyerap (*absorber*) merupakan cara yang dapat membantu menghilangkan masalah gema atau peristiwa pemantulan bunyi yang berlebihan. Ketika bunyi menabrak permukaan yang lembut dan berpori maka bunyi akan diserap. Bahan tersebut menyerap bunyi sampai batas waktu tertentu, namun pengendalian akustik yang baik membutuhkan daya serap bunyi yang baik. Contoh bahan penyerap bunyi yaitu tirai, manusia, tempat duduk dengan lapisan lunak, dan karpet.

Bunyi dapat menyebar ke segala arah. Suara juga dapat berjalan menembus saluran (*transmisi*) ke semua arah di dalam ruang tertutup. Difraksi bunyi merupakan gejala akustik yang menyebabkan gelombang bunyi dibelokkan atau dihamburkan di sekitar penghalang seperti sudut kolom, tembok, dan balok. (Doelle, 1993)

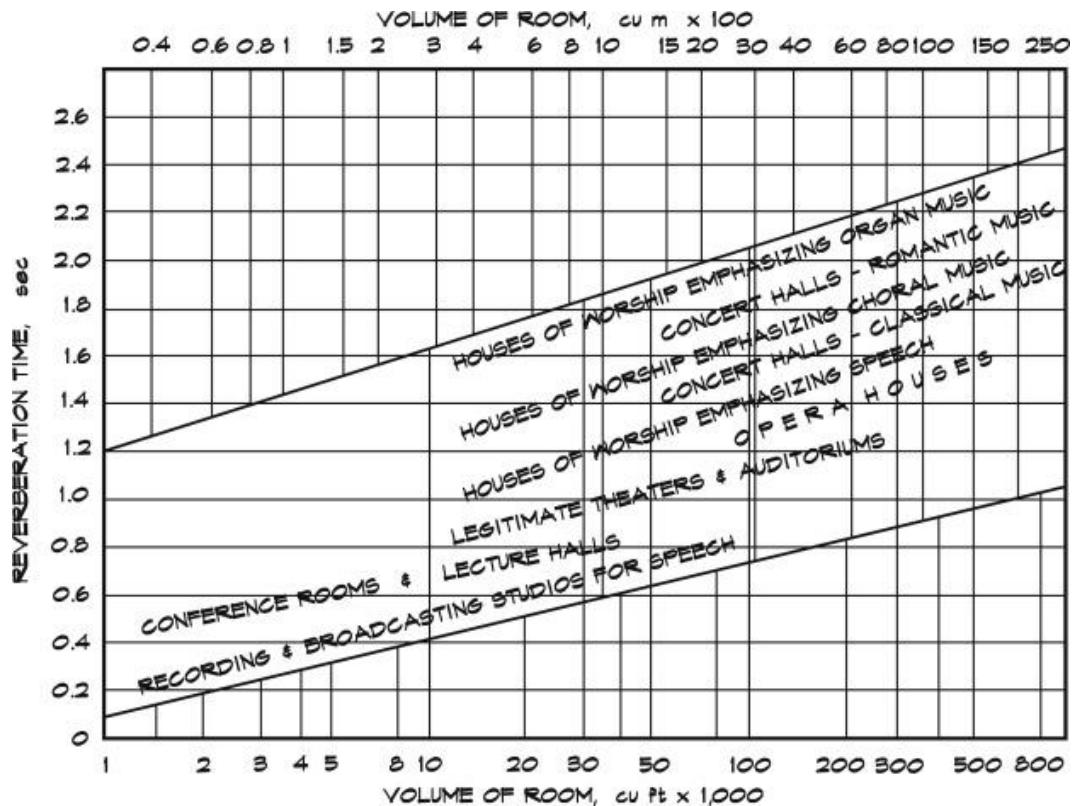
2.3 Waktu dengung

Suara langsung dari sumber mencapai pendengar langsung di sepanjang ruang udara tanpa ada penghalang dan suara yang dipantulkan mencapai pendengar hanya setelah refleksi dari dinding, langit, lantai, dan lain-lain. Karena

suara yang dipantulkan umumnya datang dari segala arah, bidang suara komposit yang dihasilkan umumnya disebut suara difusi. Contohnya jika *level* suara dari suara yang dipantulkan hampir sama dengan *level* suara langsung, tidak memungkinkan juga untuk mengetahui lokasi sumber. (Bell, 1993)

Suatu sumber bunyi di dalam ruangan ketika berbunyi dihentikan secara tiba-tiba, bunyi yang telah tersebar ke dalam ruangan tersebut tidak langsung ikut berhenti. Sebab adanya sifat-sifat permukaan bidang batas pembentuk ruangan yang cenderung memiliki kemampuan memantulkan bunyi yang muncul dari sumber tadi. Perpanjangan bunyi tersebut merupakan *reverberation* (dengung). Pada *reverberation* pemantulan terjadi sangat cepat. sehingga sulit membedakan bunyi asli dengan bunyi pantulan, kecuali bila sumber bunyi dihentikan secara mendadak.

Pengukuran tingkat *reverberation* dalam sebuah ruangan dilakukan dengan menggunakan waktu dengung (*reverberation time*). Waktu dengung adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu sumber bunyi yang dihentikan seketika agar intensitasnya menurun sebanyak 60 dB dari intensitas awal (R_{T60}). Waktu dengung suatu ruangan akan bergantung pada volume ruangan, luas permukaan bidang-bidang pembentuk ruangan, tingkat penyerapan permukaan bidang, dan frekuensi bunyi yang muncul di dalam ruangan. Melalui pengukuran waktu dengung dapat diketahui kualitas akustik suatu ruangan. Setiap ruangan dengan fungsi tertentu memiliki penentuan waktu dengung yang ideal, sesuai dengan aktivitas yang dilakukan. (McMullan, 1991). Desain waktu dengung yang dianjurkan yaitu pada frekuensi menengah yaitu 500 Hz sampai 1000 Hz. Pada umumnya waktu dengung yang lebih besar pada frekuensi rendah lebih disenangi untuk ruangan dengan volume besar. Dalam penelitian Long menyatakan bahwa variasi ukuran volume ruangan beserta fungsi ruangan juga memiliki nilai standar kenyamanan akustik yang berbeda dan digambarkan dalam bentuk grafik.



Gambar 2.4 Grafik waktu dengung yang dianjurkan untuk berbagai macam volume ruangan

(Sumber: Long, 2005)

Perencanaan *reverberation* suatu ruangan juga dapat dilakukan sebelum ruangan tersebut dibangun. Persamaan *Sabine* diciptakan untuk membantu perkiraan *reverberation time* suatu ruangan yang tengah direncanakan. Persamaan *Sabine* dibuat untuk membantu perkiraan *reverberation time* suatu ruangan yang tengah direncanakan dan untuk bagi penghitungan *reverberation time* secara teori serta perhitungan untuk ruangan yang tersusun dari elemen bidang batas yang tidak terlalu menyerap. (McMullan, 1991)

Waktu dengung merupakan waktu yang diperlukan oleh bunyi dengung agar energinya berkurang menjadi 10^{-6} kali dari energi tepat saat sumber dimatikan. Dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$D_{(T)} = 10^{-6} D_o \quad (2.3)$$

Untuk ruangan yang memiliki $\alpha < 0,1$ (*live room*), berlaku persamaan yaitu:

$$D_{(T)} = D_o e^{-\left(\frac{ca}{4v}\right)T} \quad (2.4)$$

Dari kedua persamaan tersebut diperoleh persamaan waktu dengung yaitu:

$$T = \frac{55,2V}{C\alpha} \quad (2.5)$$

Pada temperatur 22°C, kecepatan gelombang bunyi 343 m/s, sehingga persamaannya yaitu kita kenal dengan persamaan *Sabine* yaitu:

$$R_T = \frac{0,161 V}{\sum A} \quad (2.6)$$

Keterangan:

t = Waktu dengung (*Reverberation time*) (s)

V = Volume ruangan (m³)

A = Total absorpsi dari masing-masing permukaan batas ruangan (m²), yaitu jumlah (Σ) luas permukaan kali koefisien absorpsi ($L.\alpha$) dengan persamaan yaitu:

$$\Sigma A = L_1.\alpha_1 + L_2.\alpha_2 + L_3.\alpha_3 + \dots + L_n.\alpha_n \quad (2.7)$$

(Beranek, 1988)

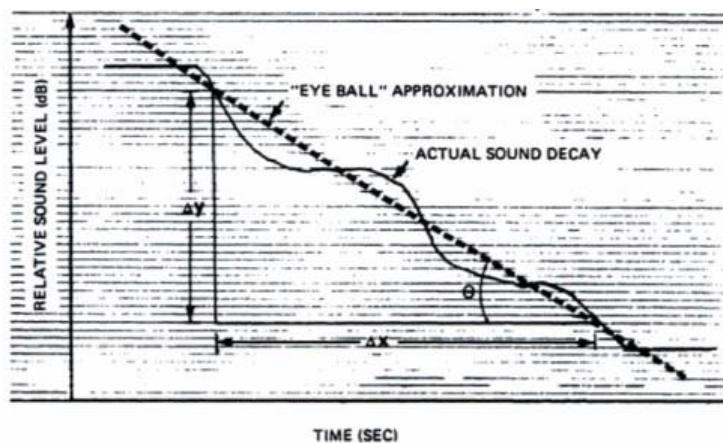
Nilai koefisien absorpsi (α) pada setiap material bangunan yaitu:

Tabel 2.2 Koefisien absorpsi (α) beberapa material bangunan

| Material bangunan | Koefisien absorpsi (α) | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1 kHz | 2 kHz | 4 kHz |
| Lantai: | | | | | | |
| Karpet | 0,1 | 0,14 | 0,2 | 0,33 | 0,5 | 0,6 |
| Marmer atau keramik | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Beton | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,1 |
| Dinding: | | | | | | |
| Bata | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 |
| Bata dicat | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Balok beton dicat | 0,1 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,08 |
| Besi | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Kaca | 0,18 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| Tirai | 0,04 | 0,05 | 0,11 | 0,18 | 0,3 | 0,35 |
| Plafon: | | | | | | |
| Gipsum (di antara kayu) | 0,29 | 0,1 | 0,05 | 0,04 | 0,07 | 0,09 |
| Lainnya: | | | | | | |
| Kayu | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| Manusia | 0,25 | 0,35 | 0,42 | 0,46 | 0,5 | 0,5 |
| Udara (20°C, 30% RH) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,012 | 0,038 |

(Sumber: Doelle, 1993)

Waktu dengung dapat dihitung secara langsung pada suatu ruangan yang telah digunakan dengan memakai *Sound Level Meter (SLM)*. Dengan cara menyiapkan sumber bunyi dan meletakkan *SLM* pada suatu tempat. Pastikan bahwa sumber mengeluarkan bunyi dengan intensitas lebih tinggi dari 60 dB agar memudahkan penghitungan saat bunyi turun intensitasnya sebanyak 60 dB. (Bell, 1993)



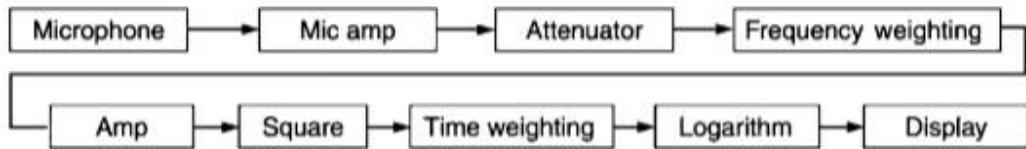
Gambar 2.5 Kurva peluruhan bunyi untuk waktu dengung (R_T)
(Sumber: Bell, 1993)

2.4 Sound Level Meter (SLM)

Instrumentasi pada *Sound Level Meter (SLM)* harus memenuhi spesifikasi yang diberikan oleh IEC 61672-1. Meskipun banyak Negara memiliki standar nasional sendiri, secara umum mereka mengikuti standar internasional yang relevan, yaitu standar IEC: International Electrotechnical Commission. Bagian dasar dari *SLM* yaitu mikrofon, *amplifier*, jaringan pembobotan, dan *display* menunjukkan satuan dB. Mikrofon mengubah masukan tekanan suara menjadi tegangan listrik, yang diperkuat dan melewati jaringan pembobot frekuensi dan bobot waktu, dengan mendekati karakteristik suara untuk telinga dan menampilkan hasil pengukuran. Dalam menggunakan alat *SLM* dapat mencakup pemrosesan dengan sinyal secara luas seperti komputer, *recorder*, *printer*, dan perangkat lainnya. (Maekawa, 2011)

Sinyal listrik dari mikrofon *SLM* diperbesar ketika melewati *preamplifier electronic*. Sinyal yang diperkuat kemudian dimodifikasi oleh jaringan pembobotan untuk mendapatkan sinyal berbobot A, B, C, dan D. Sinyal ini

didigitalkan untuk menggerakkan meteran *display*, *output* ditunjukkan dalam *deciBel* (dB). Pengaturan *display* mungkin merespon cepat, respon lambat, respon dampak, atau respon puncak. Kecuali jika ada yang tertarik untuk mengukur fluktuasi kebisingan yang cepat, pengaturan dengan respon lambat pada umumnya digunakan. Soket keluaran disediakan untuk merekam atau menganalisis sinyal dalam sistem instrumen eksternal.



Gambar 2.6 Blok diagram dari *Sound Level Meter (SLM)*
 (Sumber: Maekawa, 2011)

SLM dinilai dalam beberapa kategori berdasarkan akurasi pengukuran, yaitu:

1. Tipe 1, presisi, dapat mengukur pada tiga bobot pengukuran (A, C, dan Z) dan dapat dihubungkan dengan *PC* melalui kabel, kisaran harga Rp. 6.000.000 - Rp. 50.000.000.
2. Tipe 2, untuk umum, dapat mengukur pada dua bobot pengukuran (A dan C) dan dapat dihubungkan dengan *PC* melalui kabel, kisaran harga Rp. 800.000 - Rp. 20.000.000.
3. Tipe 3, hanya dapat mengukur pada bobot pengukuran A dan tidak dapat dihubungkan ke *PC*, kisaran harga Rp. 200.000 - Rp. 350.000.
4. *Special-purpose Sound Level Meter (SLM)*, dapat mengukur pada empat bobot pengukuran (A, B, C, dan D) dan dapat dihubungkan dengan kabel serta jaringan nirkabel pada *PC* dan *smartphone*, kisaran harga \geq Rp. 50.000.000. (Barron, 2002)

Salah satu perangkat pengukuran *SPL* yaitu *SLM GM 1356* merupakan *SLM* dengan desain sesuai standar yang berlaku yaitu International electrician committee *standard*: IEC PUB 651 TYPE2 dan *US National standard*: ANSI S1.4 TYPE2, adapula alat ini memiliki spesifikasi yaitu jangkauan pengukuran 30-130 dBA dan 35-135 dBC, akurasi $\pm 1,5$ dB, digit dan resolusi yaitu 5 dan 0,1 dB, respon frekuensi 31,5 Hz-8,5 kHz, tingkatan pengukuran yaitu 3-130, 40-90, 50-100, 60-110, 80-130, karakteristik bobot frekuensi A dan C, bobot waktu

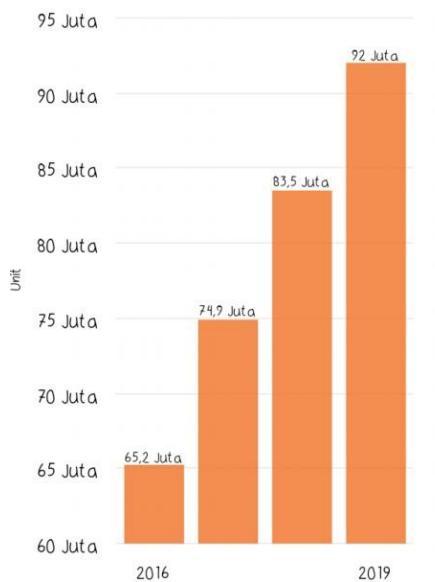
cepat/lambat, laju *sampling* 2 kali/detik, mikrofon dengan ukuran $\frac{1}{2}$ inci kapasitansi polarisasi, keluaran *AC/DC*, dapat dihubungkan dengan *USB* komputer, dapat dianalisis dengan *software*, lampu latar otomatis, daya adaptor DC 6V 100 mA, ukuran $256 \times 70 \times 35$ mm, dan massa 308 g (termasuk baterai)



Gambar 2.7 407750 Sound Level Meter (SLM) GM 1356
(Sumber: en.benetechco.com)

2.5 *Smartphone*

Saat ini sistem operasi yang banyak dipakai pada *smartphone* antara lain *Android*, *iOS*, *Blackberry*, *Windows Phone*, dan lain-lain. Perangkat yang digunakan pengguna saat ini antara lain *Samsung*, *Lenovo*, *Asus*, *Blackberry*, *Apple*, *Huawei*, dan lain-lain (Tolle, 2017). *Smartphone* dapat membantu meningkatkan produktivitas pengguna dan disesuaikan dengan proses bidang tempat mereka terintegrasi dengan menambahkan aplikasi khusus. *Smartphone* dirancang dalam bentuk ramping dan ringan yang terintegrasi dengan elegan ke perangkat genggam yang dapat dikenakan serta dapat menyinkronkan data pengguna dengan komputer atau laptop. (Ilyas, 2006)



Dkatadata.co.id

databoks

Gambar 2.8 Pengguna *Smartphone* di Indonesia 2016-2019
(Sumber: databoks.katadata.co.id)

Jenis peranti internal perangkat bergerak khususnya *smartphone* pada umumnya dilengkapi komponen komponen maupun sensor-sensor pendukung. Secara umum, sensor yang banyak ditanamkan pada perangkat bergerak dapat dikelompokkan yaitu:

1. Sensor pergerakan (*motion*)

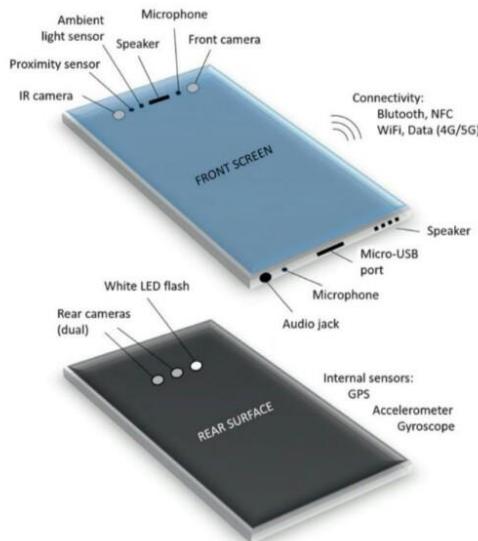
Sensor ini mengukur pergerakan berupa akselerasi serta rotasi melalui tiga sumbu. Sensor yang termasuk kategori ini antara lain *accelometer sensor*, *gravity sensor*, *gyroscopes sensor*, dan *rotational vector sensor*.

2. Sensor lingkungan (*environmental*)

Sensor ini mengukur parameter lingkungan, seperti suhu dan tekanan udara, pencahayaan, kelembapan udara, dan tingkat intensitas suara. Sensor yang termasuk kategori ini yaitu *barometer sensor* sebagai barometer, *ambient light sensor* sebagai photometer, *temperature sensor* sebagai termometer, dan *sound sensor* sebagai soundmeter.

3. Sensor posisi

Sensor ini mengukur posisi fisik perangkat bergerak. Sensor yang termasuk dalam kategori ini yaitu *orientation sensor* dan *magnetometer sensor*. (Tolle, 2017)



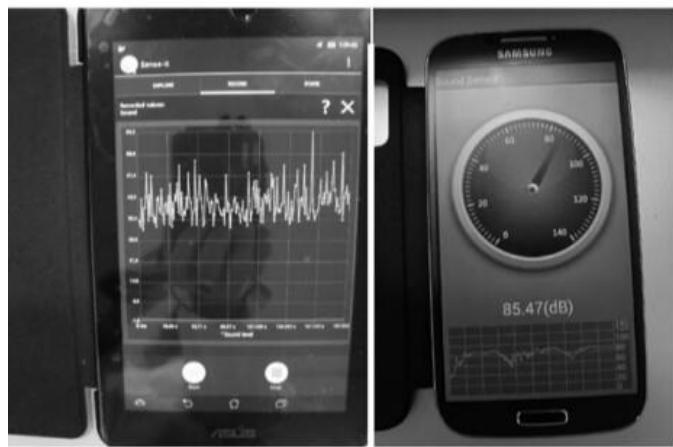
Gambar 2.9 Berbagai sensor dan konektivitas di *Smartphone*
 (Sumber: Jeong, 2020)

Beragam fungsi beserta aplikasi yang ada pada perangkat bergerak tersebut menjadi kebutuhan akan berbagai aplikasi pada perangkat bergerak tersebut begitu tinggi. Para pengembang aplikasi (*developer*) dituntut untuk bisa menciptakan beberapa aplikasi yang dapat membantu dan mempermudah kehidupan manusia. Kebutuhan akan jumlah pengembang juga meningkat pesat seiring dengan makin banyaknya jenis aplikasi yang dibutuhkan oleh pengguna.

Dalam mengukur parameter akustik dengan perangkat *smartphone*, kita menggunakan salah satu sensor lingkungan yaitu *sound sensor*. Ada beberapa aplikasi dalam penggunaan fungsi sensor suara yang dapat kita download pada umumnya secara gratis di *app store*. Ketika menggunakan aplikasi pengukuran suara tersebut akan menyajikan data *Sound Pressure Level (SPL)* dalam format grafik (waktu sumbu x dan tingkat suara sumbu y). Aplikasi ini juga memungkinkan perekaman data yang diperoleh dan visualisasi dalam sebuah tabel. Dengan cara ini memungkinkan pemrosesan data lebih lanjut seperti perhitungan rata-rata aritmatika.

Dalam merekam *SPL* selama waktu perekaman tersebut dan mengetahui rata-rata aritmatika. Grafik digunakan untuk mengenali bahwa tingkat suara meningkat dan menurun pada saat yang berbeda. Setelah itu dibandingkan tingkat aritmatika *SPL* dengan standar WHO terkait kebisingan serta tingkat kenyamanannya. Karena itu masyarakat menjadi sadar akan perlunya standar

parameter akustik dalam membuat suatu ruangan untuk alasan akademik dan keamanan pendengaran.



Gambar 2.10 Pengukuran *SPL* pada aplikasi *smartphone*
(Sumber: Marcelino, 2016)

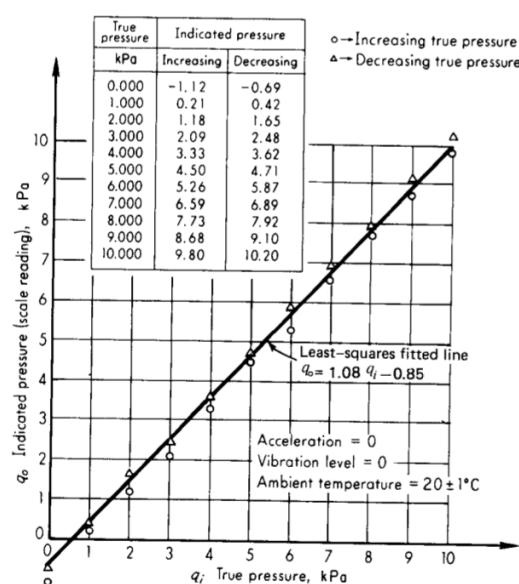
Terus menggunakan sensor suara membiasakan kita dalam mengukur nilai tingkat suara dalam situasi yang berbeda, seperti di saat tenang (suara latar) dan saat berisik (adanya sumber suara seperti percakapan orang banyak, teriak, dan *speaker* menyala). Karena sensor ini terintegrasi dalam *smartphone* dan tablet, yang lebih portabel dan terjangkau dan dapat dengan mudah digunakan kapan saja serta dimana saja. (Marcelino, 2016)

2.6 Sensitivitas Pengukuran

Pengukuran adalah kegiatan membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui nilainya dengan besaran lain menggunakan alat ukur. Alat ukur adalah instrumen yang berfungsi untuk mengetahui nilai suatu besaran atau variabel. Dalam melakukan pengukuran dikenal beberapa istilah yang salah satunya yaitu sensitivitas. Sensitivitas pengukuran instrumen adalah rasio perbedaan pembacaan suatu instrumen (*output*) dengan nilai referensi (*input*) dalam mengukur suatu kuantitas. Sensitivitas pengukuran yang tinggi merupakan suatu keunggulan dari alat ukur tersebut dan semakin tinggi nilai sensitivitas pengukuran maka semakin mahal harga instrumen tersebut.

Sebenarnya dalam mengkalibrasi instrumen ada dilakukan dengan menentukan berbagai variasi nilai referensi secara bertahap dan ketika diukur menghasilkan nilai yang berbeda pula pada berbagai rentang nilai pengukuran.

Untuk menerapkannya maka dilakukan dengan uji sensitivitas dengan menaikkan dan menurunkan nilai referensi secara bertahap. Pembacaan pengukuran pada instrumen (e_o) menunjukkan berapa nilai hasil pengukuran untuk setiap satuan nilai referensi (e_i). Kepakaan sensor yang dimiliki alat ukur merupakan salah satu yang memengaruhi sensitivitas alat ukur. Dalam melakukan pengukuran, jika nilai e_i dan e_o linear secara grafik maka sensitivitasnya sama untuk jangkauan keseluruhan pengukuran. (Doebelin, 2019)



Gambar 2.11 Sensitivitas pengukuran
(Sumber: Doebelin, 2019)

2.7 Penelitian yang Relevan

Berikut beberapa penelitian terdahulu dalam pengukuran akustik

Tabel 2.3 Penelitian yang Relevan

| NO | Pustaka | Persamaan | Perbedaan |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Fogola, Jacopo. 2015. "Smartphone as Noise Level Meter?". ICSV22 Article. | Penelitian menganalisis kualitas beberapa <i>smartphone</i> dengan berbagai frekuensi dan <i>SPL</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan standar deviasi hasil pengukuran • Dilakukan di dalam dan luar ruangan • Menggunakan mikrofon internal dan eksternal |
| 2 | Murphy, Enda. 2016. "Testing the accuracy of Smartphone and sound level meter application for measuring environmental noise". Science direct Journal, 106. | Menganalisis perbandingan kualitas <i>smartphone</i> dalam mengukur <i>SPL</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan standar deviasi hasil pengukuran • Menggunakan 8 Jenis <i>smartphone</i> dan 1 <i>tablet</i> • Menggunakan perbandingan 7 aplikasi pengukur suara • Menganalisis pengaruh umur <i>smartphone</i> terhadap akurasi pengukuran <i>SPL</i> |
| 3 | Hasan, Wahyu Lukman. 2016. "Perancangan dan Implementasi Audio Meter pada Platform Android". e-Proceeding of Engineering Journal, 3. | <ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis perbandingan kualitas <i>smartphone</i> dalam mengukur <i>SPL</i> • Menggunakan <i>smartphone</i> yang paling akurat dalam pengukuran <i>SPL</i> untuk penelitian lebih lanjut | <ul style="list-style-type: none"> • Hanya membandingkan nilai referensi dengan pembacaan pengukuran <i>SPL</i> • Saat penelitian menggunakan <i>smartphone</i> rekomendasi, disertai juga pengaruh nilai frekuensi, aplikasi, dan daya memori terhadap akurasi dalam mengukur <i>SPL</i> serta daya baterai |
| 4 | Suyatno. 2017. "Karakteristik Akustik Ruang Sidang Jurusan Fisika FMIPA-ITS sebagai Ruang Konferensi". Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 13. | Menentukan tingkat kenyamanan akustik berdasarkan persebaran <i>SPL</i> dan waktu dengung di dalam ruangan | <ul style="list-style-type: none"> • Penelitian dilakukan di ruang sidang kampus • Tidak beserta menggunakan <i>smartphone</i> dalam mengukur <i>SPL</i> |

2.8 Hipotesis Penelitian

Smartphone dengan sistem operasi *iOS* merupakan perangkat yang akurasi pengukuran yang paling tinggi di antara beberapa *smartphone*. Saat melakukan pengukuran persebaran *SPL* di dalam ruangan di titik pengukuran , jarak sumber suara dan material pembatas ruangan berpengaruh terhadap akurasi pengukuran. Pengukuran tingkat kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* dan waktu dengung akustik (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan sesuai dengan parameter kenyamanan akustik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan saat semester genap Tahun Akademik 2019/2020. Penelitian menentukan nilai sensitivitas masing-masing *smartphone*, pengukuran parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *Sound Pressure Level (SPL)*, dan waktu dengung akustik (R_T) dilaksanakan pada bulan Juli - Oktober 2020.

3.1.2. Tempat Penelitian

Penelitian sensitivitas *smartphone* dalam mengukur *Sound Pressure Level (SPL)* dilakukan di rumah peneliti. Penelitian parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL* dan waktu dengung akustik (R_T) dilakukan di Ruang Masjid Al-Hidayah jalan H.M Said No.16, Kelurahan Sidorame Barat, Kecamatan Medan Perjuangan, Kota Medan.

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk penelitian yaitu:

1. Meteran digunakan untuk mengukur besaran panjang suatu pembatas ruangan, jarak alat ukur dengan pembatas ruangan, dan jarak antar titik fokus pengukuran akustik.
2. Satu set perangkat keras *laptop* dan *speaker* yang digunakan untuk membantu peneliti dalam menghasilkan sumber bunyi.
3. Aplikasi perangkat lunak *Surfer golden V.16* pada *laptop* digunakan untuk menggambar denah lokasi dalam ruangan dan menganalisis data penelitian.
4. Satu set peralatan *Sound Level Meter (SLM)* tipe 2 yaitu *SLM GM 1356* digunakan untuk mengukur *Sound Pressure Level (SPL)* yang disebabkan adanya sumber bunyi.
5. Lima unit perangkat *smartphone* dengan berbagai merk yang berbeda yaitu Xiaomi Redmi Note 9 (tahun rilis 2020), Vivo Y30 (tahun rilis 2020), Realme C11 (tahun rilis 2020), dan OPPO A1k (tahun rilis 2019)

dengan sistem operasi *android* dan perangkat iPhone 6s Plus (tahun rilis 2015) dengan sistem operasi *iOS* yang digunakan untuk pengukuran *SPL*. Sedangkan satu perangkat *smartphone* tambahan dengan merk OPPO A39 digunakan untuk mengatur keluaran suara dari *speaker*.

6. Aplikasi *Soundmeter V.2.1.9 (developer by Tools Dev) for Android, Soundmeter X V.10.5.5 (developer by Faber Acoustical) for iOS* digunakan untuk pengukuran *SPL* pada *smartphone*, dan aplikasi Hz V.2.6 (*developer by LuxDeLux*) untuk mengatur keluaran suara *speaker*.
7. Dua buah *Tripod* digunakan untuk penyangga perangkat *smartphone* dan *SLM* dalam melakukan pengukuran *SPL* di titik pengukuran.
8. Balon dan jarum digunakan untuk sumber suara yang dihasilkan dalam mengukur waktu dengung (R_T) menggunakan *SLM*.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Dalam melakukan penelitian ada beberapa tahapan prosedur yang dilakukan yaitu:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Prosedur Penentuan Sensitivitas Pengukuran Sound Pressure Level (SPL) dengan Menggunakan Smartphone

Pengujian sensitivitas pengukuran *SPL* dengan kelima perangkat *smartphone* yaitu Xiaomi Redmi Note 9, Vivo Y30, Realme C11, dan Oppo A1k untuk sistem operasi *android* dan aplikasi pengukur *Sound Pressure Level (SPL)* bernama *Soundmeter* dan iPhone 6s Plus untuk sistem operasi *iOS* dan aplikasi pengukur *SPL* bernama *Soundmeter X*, dan satu perangkat *Sound Level Meter (SLM)* yaitu *SLM GM 1356*. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan *speaker* dan dinyalakan tepat di depan serta jarak yang sangat dekat dari *sound sensor* dari 1 perangkat *SLM* dan *smartphone*. Dalam satu kali pengukuran digunakan 1 perangkat *smartphone* dan dilakukan secara bergiliran agar hasil pengukuran di setiap perangkat optimal dan tidak dipengaruhi oleh posisi masing-masing perangkat ketika mengukur.

Sumber suara yang dipancarkan oleh *speaker* diatur dengan frekuensi masing-masing yaitu 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, dan 4 kHz. Lalu dari setiap frekuensi tersebut dilakukan pengujian dengan mengukur puncaran suara dari sumber dengan nilai *SPL* dinaikkan dari yang terendah sampai dengan yang tertinggi yaitu 70 dB, 80 dB, 90 dB, dan 100 dB kecuali pada frekuensi 125 Hz hanya menggunakan 70 dB dan 80 dB, lalu nilai rentang pengukuran tersebut diturunkan kembali dengan urutan sebaliknya. Suara yang dikeluarkan oleh *speaker* diukur oleh *SLM* dan *smartphone* dalam besaran *SPL*. Dalam melakukan pengukuran dicatat data *SPL* dalam setiap 5 sekon dan berlangsung hingga 50 sekon. Dari data pengukuran *SPL*, nilai reratanya dihitung lalu dihitung jumlah pengukuran e_i , e_o , $e_i \cdot e_o$ dan nilai kuadratnya

Tabel 3.1 Prosedur analisis jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone*

| L_P sumber [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|----------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | | | | |
| 80 | 6.400 | | | | |
| 90 | 8.100 | | | | |
| 100 | 10.000 | | | | |
| 340 | 29.400 | | | | |

Nilai jumlah dari pengambilan data pengukuran *SPL* tersebut dapat menentukan nilai persamaan sensitivitas pengukuran menggunakan *smartphone* dengan dua kondisi yaitu naik dan turun dengan persamaan berikut.

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2} \quad (3.1)$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2} \quad (3.2)$$

$$e_o = m \cdot e_i + b \quad (3.3)$$

Keterangan:

e_i = Nilai *input SPL* atau nilai *SPL* yang dibaca *SLM* (dB)

e_o = Selisih nilai pembacaan *SPL* menggunakan *smartphone* dengan *SLM* (dB)

Setelah didapatkan persamaan sensitivitas untuk kedua kondisi yaitu meningkat dan menurun maka dihitung nilai rata-ratanya dan disubtitusikan masing-masing nilai e_i ke persamaan akhir tersebut untuk mendapatkan nilai e_o pengukuran *SPL*.

Tabel 3.2 Prosedur analisis hasil sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone*

| e_i [dB] | e_o [dB] |
|---------------|---------------|
| 70 | |
| 80 | |
| 90 | |
| 100 | |

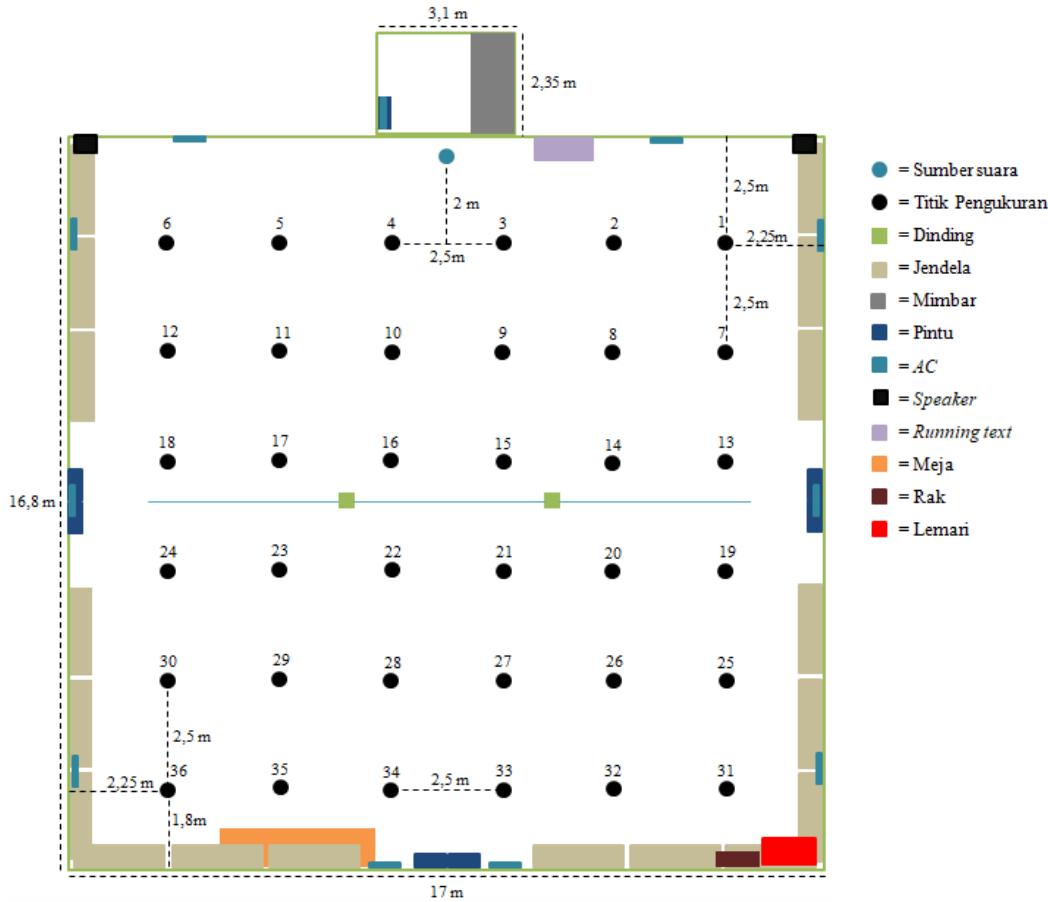
Setelah menentukan nilai sensitivitas masing-masing *smartphone* dalam pengukuran *SPL*, dapat diketahui *smartphone* dengan kurva persamaan sensitivitas yang paling linear dari pengujian atau nilai e_o yang paling mendekati 0 menjadi perangkat pilihan dalam pengukuran tingkat kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan.

3.4.2 Prosedur Pengukuran Persebaran Sound Pressure Level (*SPL*) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Pengukuran persebaran *SPL* di setiap titik fokus pengukuran pada Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan pada awalnya diukur panjang, lebar, dan tinggi ruangan, bahan pembentuk ruangan, serta properti di

ruangan tersebut dengan menggunakan meteran. Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan memiliki panjang 16,8 m, lebar 17 m, dan tinggi 3,6 m. Dari pengukuran menggunakan meteran tersebut dapat ditentukan titik pengukuran dalam pengukuran *SPL* yang sebanyak 36 titik dengan jarak antara titik sumber suara dengan baris pertama yaitu 2 m, jarak antar titik fokus terdekat secara horizontal dan vertikal yaitu 2,5 m, jarak antara titik pengukuran dengan pembatas ruangan sisi kanan dan sisi kiri yaitu 2,25 m, dan jarak antara titik fokus dengan pembatas ruangan sisi belakang yaitu 1,8 m. Ketinggian *SLM* dan *smartphone* yaitu 0,75 m di atas permukaan alas atau tinggi posisi telinga manusia dewasa ketika duduk. Sumber suara merupakan 1 unit *speaker* diletakkan di satu titik dengan nilai frekuensi 500 Hz dan *SPL* 100 dB yaitu di bagian depan ruang masjid pada koordinat ruangan panjang 0,5 m lebar 8,5 m dan tinggi 1,1 m.

Saat melakukan pengukuran, secara bersamaan alat ukur *SLM* dan *smartphone* yang telah diseleksi diletakkan di titik pengukuran, dicatat nilai setiap 5 sekon pengukuran *SPL* dan berlangsung selama 50 sekon, dari hasil 10 data tersebut dihitung nilai rata-rata pengukuran *SPL*. Setelah menyusun data pengukuran persebaran *SPL*, digambarkan ilustrasi persebarannya dengan model peta kontur 2 dimensi dan 3 dimensi menggunakan aplikasi *Surfer Golden V.16*. Dari penggambaran tersebut dapat dianalisa parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan dan faktor yang memengaruhi akurasi *smartphone* dalam mengukur persebaran *SPL* di dalam ruangan.



Gambar 3.2 Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan dan titik pengukuran

Setelah keseluruhan data dikumpulkan, lalu dihitung nilai rerata pengukuran dan ditentukan % *error* pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone*.

$$\% \text{ error} = \frac{\bar{e}_o}{\bar{e}_i} \times 100 \% \quad (3.4)$$

3.4.3 Prosedur Pengukuran Waktu Dengung Akustik (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Mengukur waktu dengung akustik (R_T) di Ruang Masjid Al-Hidayah Kota Medan dilakukan dengan 2 metode, yaitu pertama menggunakan metode *Sabine*, metode ini dilakukan dengan cara menghitung volume ruangan, luas permukaan masing-masing material pembentuk ruangan dan properti di dalam ruangan yang merupakan hasil pengukuran menggunakan meteran. Dengan mengukur luas permukaan masing-masing material, maka disesuaikan dengan koefisien material akustik dari berbagai macam frekuensi (Lihat tabel 2.3 dan

persamaan 2.6). Setelah itu disubtitusikan nilainya ke persamaan R_T Sabine (Lihat persamaan 2.7).

$$R_T = \frac{R_{T(125Hz)} + R_{T(250Hz)} + R_{T(500Hz)} + R_{T(1.000Hz)} + R_{T(2.000Hz)} + R_{T(4.000Hz)}}{6} \quad (3.5)$$

Setelah menghitung nilai R_T dari berbagai frekuensi tersebut, dihitung nilai rata-ratanya dan dibandingkan dengan nilai parameter kenyamanan R_T di ruang beribadah dan percakapan. (Lihat gambar 2.4). Metode pengukuran R_T yang lainnya yaitu menggunakan alat *Sound Level Meter (SLM)* dilakukan di 1 titik pengukuran R_T di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan. Balon dipecahkan sebagai sumber suara dengan jarak 2,8 m di depan titik pengukuran dan titik pengukuran terletak pada bagian tengah ruangan dan koordinat panjang 4,2 m serta tinggi 1,1 m. Untuk mendapatkan nilai R_{T60} (waktu yang dibutuhkan *SPL* meluruh sebesar 60 dB) maka ditentukan R_{T30} terlebih dahulu menggunakan metode regresi linear dan nilainya dikali 2.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sensitivitas Pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)* menggunakan *Smartphone*

Penentuan nilai sensitivitas *smartphone* dalam mengukur *Sound Pressure Level (SPL)* dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai pengukuran *input* dengan *output*. Nilai yang dinyatakan dalam persamaan ini yaitu e_i merupakan nilai *input* atau *SPL* yang dibaca oleh *SLM* dengan satuan dB, sedangkan nilai e_o merupakan nilai selisih dari penunjukan pengukuran *SPL* di *smartphone* dengan nilai *input* tersebut dengan satuan dB. Pengukuran dengan nilai e_o yang paling mendekati 0 atau paling linear secara grafik merupakan perangkat yang di antaranya yang sensitivitasnya tertinggi atau perangkat yang paling baik pengukurannya dan direkomendasikan dalam mengukur persebaran *SPL* di dalam ruangan. Berikut adalah analisa dari penentuan sensitivitas kelima *smartphone* dalam mengukur *SPL* pada frekuensi 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz, dan 4.000 Hz.

4.1.1 Frekuensi 125 Hz

1. Smartphone Xiaomi Redmi Note 9

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(0,06.e_i - 0,04.e_i) + (2,8 \text{ dB} - 3,8 \text{ dB})}{2} = 0,01.e_i - 0,5 \text{ dB}$$

2. Smartphone iPhone 6s Plus

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,1.e_i - 0,098.e_i) + (7,7 \text{ dB} + 7,49 \text{ dB})}{2} = -0,099.e_i + 7,595 \text{ dB}$$

3. Smartphone OPPO A1k

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(0,06.e_i + 0,018.e_i) + (-0,297 \text{ dB} - 0,384 \text{ dB})}{2} = 0,039.e_i - 0,34 \text{ dB}$$

4. Smartphone Realme C11

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(0,05.e_i + 0,08.e_i) + (-3,4 \text{ dB} - 5,4 \text{ dB})}{2} = 0,065.e_i - 4,4 \text{ dB}$$

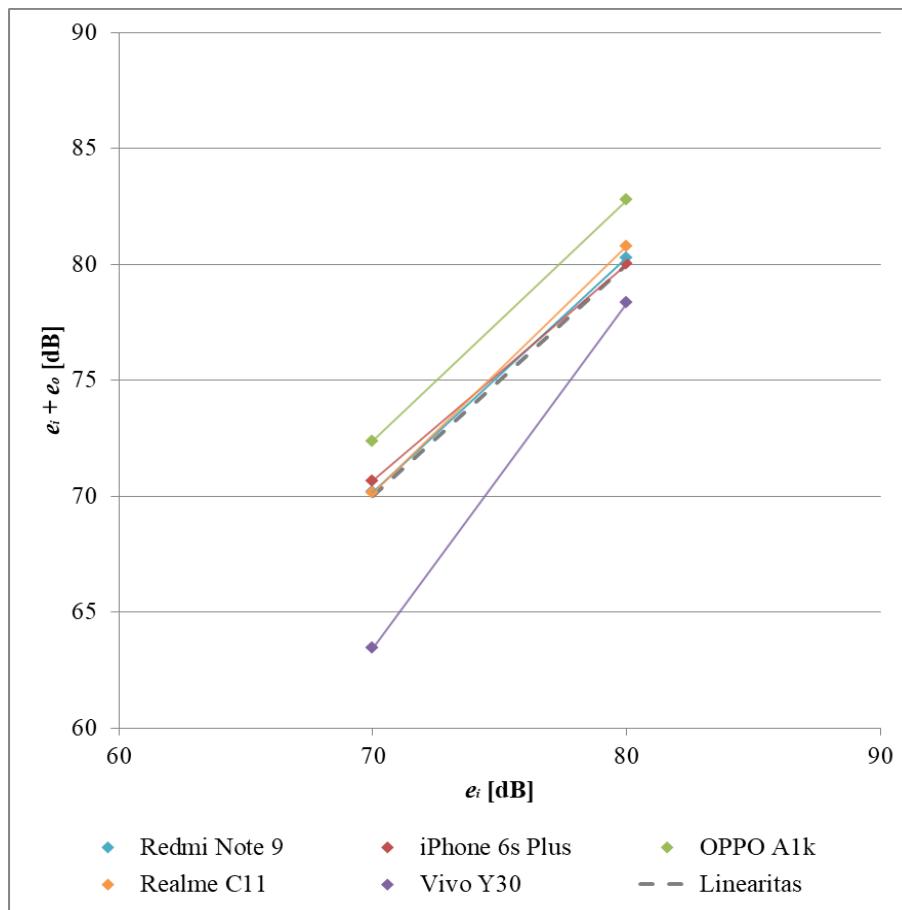
5. Smartphone Vivo Y30

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,34.e_i - 0,64.e_i) + (29,2 \text{ dB} + 52,5 \text{ dB})}{2} = -0,49.e_i + 40,85 \text{ dB}$$

Tabel 4.1 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 250 Hz

| e_i [dB] | e_o [dB] | | | | |
|---------------|------------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| | Xiaomi Redmi Note 9 | iPhone 6s Plus | OPPO A1k | Realme C11 | Vivo Y30 |
| 70 | 0,2 | 0,665 | 2,39 | 0,15 | -6,55 |
| 80 | 0,3 | 0,028 | 2,78 | 0,8 | -1,65 |



Gambar 4.1 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 125 Hz

Pengukuran menggunakan beberapa *smartphone* pada frekuensi 125 Hz diketahui kedua nilai e_i dapat diukur secara akurat pada perangkat Xiaomi Redmi Note 9, iPhone 6s Plus, dan Realme C11 dengan nilai e_o masing-masing yang sangat kecil 0,2 dB, 0,665 dB, dan 0,15 dB untuk e_i 70 dB serta 0,3 dB, 0,028 dB, dan 0,8 dB untuk e_i 80 dB. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 merupakan perangkat yang di antaranya memiliki sensitivitas pengukuran paling baik pada frekuensi ini.

4.1.2 Frekuensi 250 Hz

1. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,234 \cdot e_i - 0,243 \cdot e_i) + (38,24 \text{ dB} + 43,43 \text{ dB})}{2} = -0,558 \cdot e_1 + 40,835 \text{ dB}$$

2. *Smartphone* iPhone 6s Plus

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,06 \cdot e_i - 0,028 \cdot e_i) + (2,608 \text{ dB} - 0,107 \text{ dB})}{2} = -0,044 \cdot e_1 + 2,501 \text{ dB}$$

3. *Smartphone* OPPO A1k

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,52 \cdot e_i - 0,53 \cdot e_i) + (39,5 \text{ dB} + 40,6 \text{ dB})}{2} = -0,525 \cdot e_1 + 40,05 \text{ dB}$$

4. *Smartphone* Realme C11

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,445 \cdot e_i - 0,318 \cdot e_i) + (33,95 \text{ dB} + 23,33 \text{ dB})}{2} = -0,381 \cdot e_1 + 28,64 \text{ dB}$$

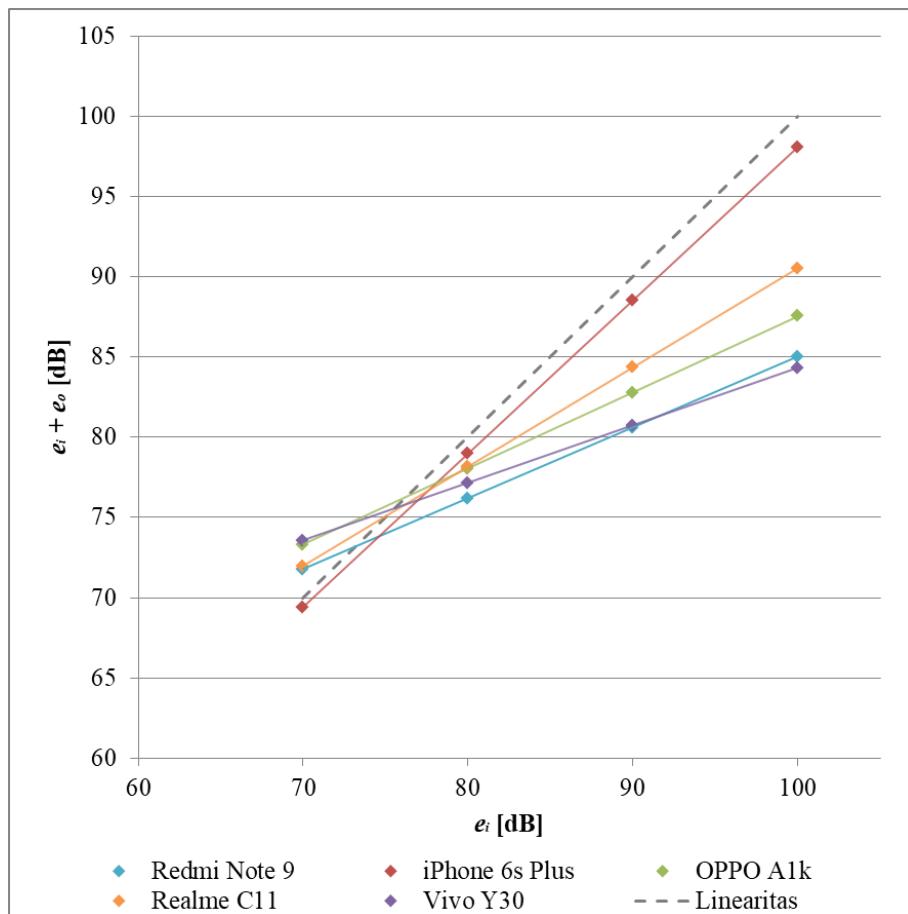
5. *Smartphone* Vivo Y30

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,669 \cdot e_i - 0,614 \cdot e_i) + (51,64 \text{ dB} + 45,24 \text{ dB})}{2} = -0,64 \cdot e_1 + 48,44 \text{ dB}$$

Tabel 4.2 Sensitivitas pengukuran SPL menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 250 Hz

| e_i [dB] | e_o [dB] | | | | |
|---------------|------------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| | Xiaomi Redmi Note 9 | iPhone 6s Plus | OPPO A1k | Realme C11 | Vivo Y30 |
| 70 | 1,775 | -0,579 | 3,3 | 1,97 | 3,57 |
| 80 | -3,805 | -1,019 | -1,95 | -1,84 | -2,84 |
| 90 | -9,385 | -1,459 | -7,2 | -5,65 | -9,25 |
| 100 | -14,965 | -1,899 | -12,45 | -9,46 | -15,66 |



Gambar 4.2 Sensitivitas pengukuran SPL menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 250 Hz

Pada frekuensi 250 Hz, e_i sebesar 70 dB diketahui sensitivitas pengukuran SPL yang cukup baik terdapat pada *smartphone* iPhone 6s Plus dan Realme C11 dengan nilai e_o masing-masing -0,579 dB dan 1,97 dB. Untuk e_i 80 dB sensitivitas pengukuran pada perangkat iPhone 6s Plus, OPPO A1k, dan Realme C11 dengan e_o masing-masing -1,019 dB, -1,95 dB, dan -1,84 dB. Untuk e_i sebesar 90 dB dan 100 dB, sensitivitas pengukuran yang cukup baik hanya pada perangkat iPhone 6s

Plus. *Smartphone* dengan sensitivitas pengukuran *SPL* yang paling baik pada frekuensi ini adalah perangkat iPhone 6s Plus.

4.1.3 Frekuensi 500 Hz

1. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,516.e_i - 0,599.e_i) + (34,76 dB + 41,64 dB)}{2} = -0,557.e_1 + 38,2 dB$$

2. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(0,052.e_i + 0,073.e_i) + (-3,305 dB - 4,358 dB)}{2} = 0,062.e_1 - 3,831 dB$$

3. *Smartphone* OPPO A1k

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,405.e_i - 0,414.e_i) + (28,6 dB + 29,29 dB)}{2} = -0,409.e_1 + 28,945 dB$$

4. *Smartphone* Realme C11

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,39.e_i - 0,463.e_i) + (29,45 dB + 37,13 dB)}{2} = -0,426.e_1 + 33,29 dB$$

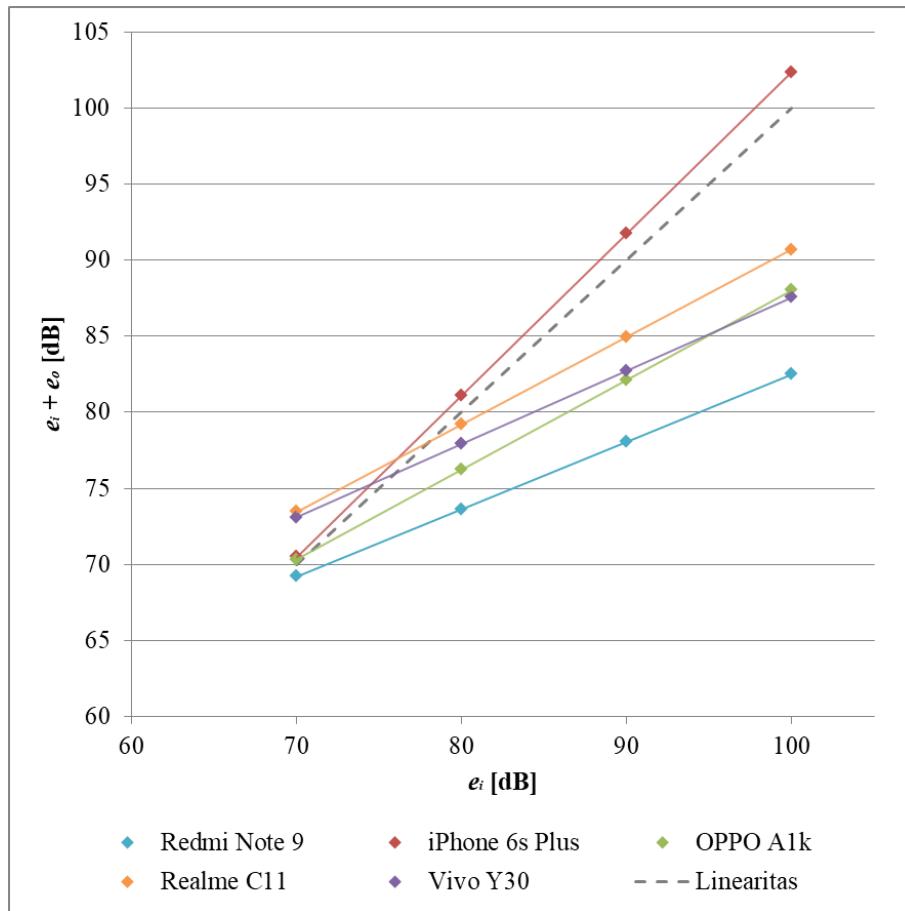
5. *Smartphone* Vivo Y30

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,508.e_i - 0,528.e_i) + (37,63 dB + 41,08 dB)}{2} = -0,518.e_1 + 39,355 dB$$

Tabel 4.3 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 500 Hz

| e_i [dB] | e_o [dB] | | | | |
|---------------|------------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| | Xiaomi Redmi Note 9 | iPhone 6s Plus | OPPO A1k | Realme C11 | Vivo Y30 |
| 70 | -0,79 | 0,509 | 0,315 | 3,47 | 3,095 |
| 80 | -6,36 | 1,129 | -3,775 | -0,79 | -2,085 |
| 90 | -11,93 | 1,749 | -7,865 | -5,05 | -7,265 |
| 100 | -17,5 | 2,369 | -11,955 | -9,31 | -12,445 |



Gambar 4.3 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 500 H

Pengukuran *SPL* dengan frekuensi 500 Hz menunjukkan e_i sebesar 70 dB dibaca dengan akurat menggunakan perangkat iPhone 6s Plus dan OPPO A1k dengan nilai e_o masing-masing 0,509 dB dan 0,315 dB. Pengukuran dengan perangkat iPhone 6s Plus dan Realme C11 cukup akurat untuk e_i 80 dB yaitu nilai e_o 1,129 dB dan -0,79 dB. e_i sebesar 90 dB dan 100 dB hanya dapat diukur menggunakan perangkat iPhone 6s Plus meskipun tidak terlalu akurat yaitu nilai e_o masing-masing 1,749 dB dan 2,369 dB. Dari pengukuran tersebut diketahui bahwa perangkat yang memiliki sensitivitas paling baik adalah *smartphone* iPhone 6s Plus.

4.1.4 Frekuensi 1.000 Hz

1. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,535 \cdot e_i - 0,532 \cdot e_i) + (31,9 \text{ dB} + 31,22 \text{ dB})}{2} = -0,533 \cdot e_i + 31,56 \text{ dB}$$

2. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,052 \cdot e_i - 0,091 \cdot e_i) + (5,276 \text{ dB} + 8,213 \text{ dB})}{2} = 0,071 \cdot e_1 + 6,744 \text{ dB}$$

3. *Smartphone* OPPO A1k

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,438 \cdot e_i - 0,379 \cdot e_i) + (30,53 \text{ dB} + 25,34 \text{ dB})}{2} = -0,408 \cdot e_1 + 27,935 \text{ dB}$$

4. *Smartphone* Realme C11

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,471 \cdot e_i - 0,479 \cdot e_i) + (36,86 \text{ dB} + 37,94 \text{ dB})}{2} = -0,475 \cdot e_1 + 37,4 \text{ dB}$$

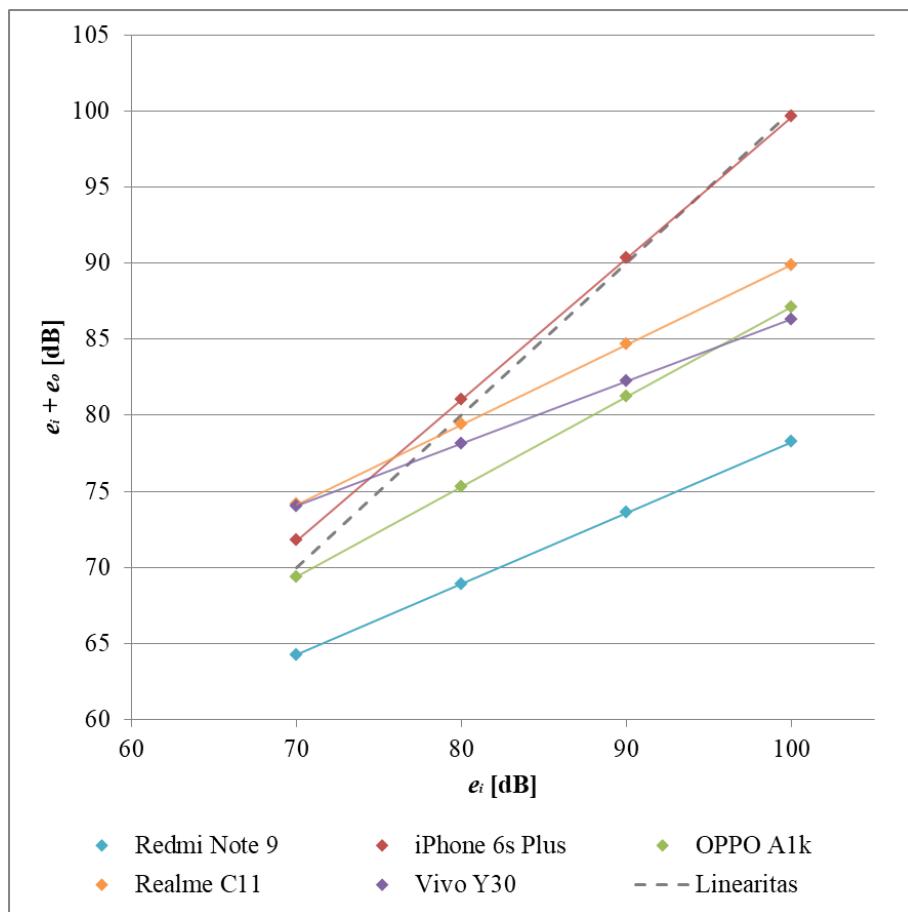
5. *Smartphone* Vivo Y30

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,624 \cdot e_i - 0,559 \cdot e_i) + (48,24 \text{ dB} + 42,59 \text{ dB})}{2} = -0,591 \cdot e_1 + 45,415 \text{ dB}$$

Tabel 4.4 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 1.000 Hz

| e_i [dB] | e_o [dB] | | | | |
|---------------|------------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| | Xiaomi Redmi Note 9 | iPhone 6s Plus | OPPO A1k | Realme C11 | Vivo Y30 |
| 70 | -5,75 | 1,774 | -0,625 | 4,15 | 4,045 |
| 80 | -11,08 | 1,064 | -4,705 | -0,6 | -1,865 |
| 90 | -16,41 | 0,354 | -8,785 | -5,35 | -7,775 |
| 100 | -21,74 | -0,356 | -12,865 | -10,1 | -13,685 |



Gambar 4.4 Sensitivitas pengukuran SPL menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 1.000 Hz

Pengukuran SPL pada frekuensi 1.000 Hz menunjukkan pengukuran dengan nilai e_i 70 dB dapat diukur dengan cukup akurat dengan perangkat iPhone 6s Plus, dan OPPO A1k dengan nilai e_o masing-masing perangkat 1,774 dB, dan -0,625 dB. Nilai e_i sebesar 80 dB dapat diukur dengan cukup akurat dengan perangkat iPhone 6s Plus, Realme C11, dan Vivo Y30 yang nilai e_o masing-masing perangkat yaitu 1,064 dB, -0,6 dB, dan -1,865 dB. Untuk e_i sebesar 90 dB dan 100 dB, hanya perangkat iPhone 6s Plus memiliki sensitivitas pengukuran yang baik yaitu nilai e_o sebesar 0,354 dB dan -0,356 dB. Pengukuran ini menunjukkan bahwa perangkat iPhone 6s Plus tetap konsisten sensitivitas pengukurnya dari berbagai macam frekuensi dan SPL .

4.1.5 Frekuensi 2.000 Hz

1. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,511 \cdot e_i - 0,51 \cdot e_i) + (33,91 \text{ dB} + 33,95 \text{ dB})}{2} = -0,51 \cdot e_1 + 33,93 \text{ dB}$$

2. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,068 \cdot e_i - 0,069 \cdot e_i) + (7,321 \text{ dB} + 7,535 \text{ dB})}{2} = 0,0685 \cdot e_1 + 7,428 \text{ dB}$$

3. *Smartphone* OPPO A1k

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,361 \cdot e_i - 0,372 \cdot e_i) + (23,21 \text{ dB} + 23,77 \text{ dB})}{2} = -0,366 \cdot e_1 + 23,49 \text{ dB}$$

4. *Smartphone* Realme C11

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,409 \cdot e_i - 0,393 \cdot e_i) + (30,99 \text{ dB} + 29,23 \text{ dB})}{2} = -0,401 \cdot e_1 + 30,11 \text{ dB}$$

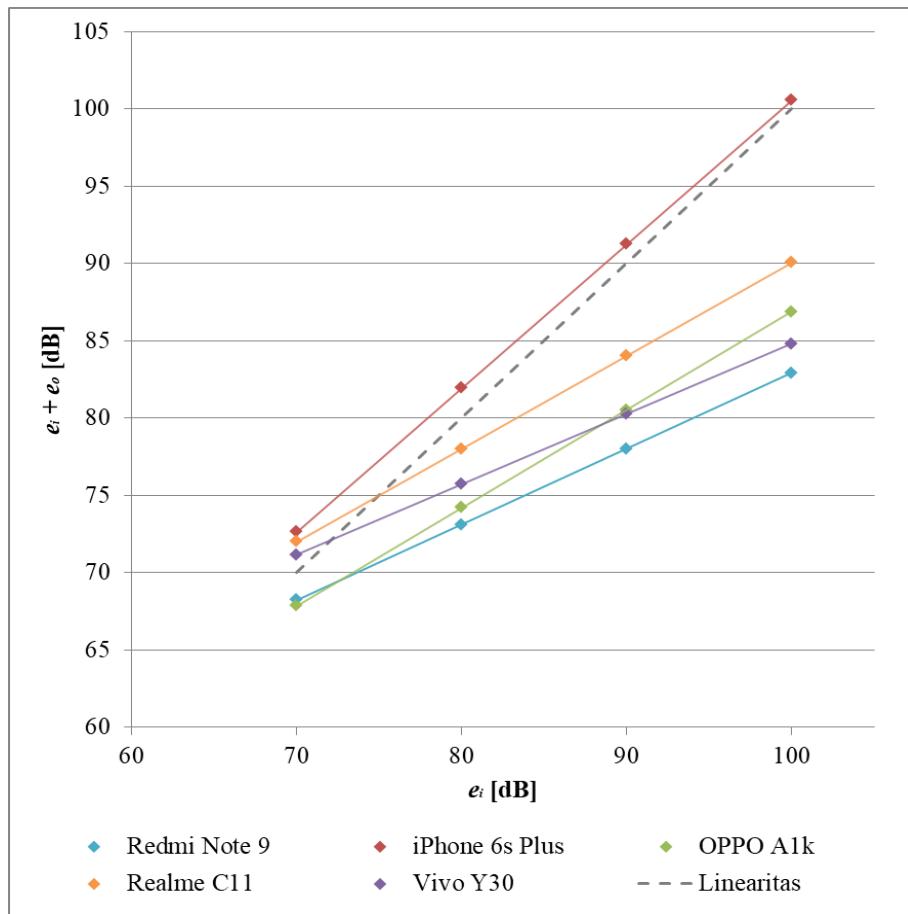
5. *Smartphone* Vivo Y30

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,552 \cdot e_i - 0,538 \cdot e_i) + (39,97 \text{ dB} + 38,68 \text{ dB})}{2} = -0,545 \cdot e_1 + 39,325 \text{ dB}$$

Tabel 4.5 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 2.000 Hz

| e_i [dB] | e_o [dB] | | | | |
|---------------|------------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| | Xiaomi Redmi Note 9 | iPhone 6s Plus | OPPO A1k | Realme C11 | Vivo Y30 |
| 70 | -1,77 | 2,633 | -2,13 | 2,04 | 1,175 |
| 80 | -6,87 | 1,948 | -5,79 | -1,98 | -4,275 |
| 90 | -11,97 | 1,263 | -9,45 | -5,98 | -9,725 |
| 100 | -17,07 | 0,578 | -13,11 | -9,9 | -15,175 |



Gambar 4.5 Sensitivitas pengukuran SPL menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 2.000 Hz

Pengukuran SPL pada frekuensi 2.000 Hz menunjukkan beberapa *smartphone* seperti Realme C11 dan Vivo Y30 memiliki sensitivitas yang cukup baik untuk pengukuran SPL dengan nilai e_i sebesar 70 dB dengan nilai e_o masing-masing yaitu 2,04 dB dan 1,175 dB. Perangkat Realme C11 dan iPhone 6s Plus cukup baik sensitivitas pengukurannya pada e_i 80 dB dengan nilai e_o yaitu -1,98 dB dan 1,948. Pengukuran pada e_i sebesar 90 dB dan 100 dB hanya dapat dibaca dengan cukup akurat dengan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan masing-masing nilai e_o yaitu 1,263 dB dan 0,578 dB.

4.1.6 Frekuensi 4.000 Hz

1. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,399.e_i - 0,477.e_i) + (20,29dB + 26,72dB)}{2} = -0,438.e_1 + 23,505dB$$

2. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(0,005.e_i + 0,028.e_i) + (2,734dB + 0,656dB)}{2} = 0,016.e_1 + 1,695dB$$

3. *Smartphone* OPPO A1k

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,414.e_i - 0,369.e_i) + (29,19 dB + 26,74 dB)}{2} = -0,391.e_1 + 27,965dB$$

4. *Smartphone* Realme C11

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL*:

$$e_o = \frac{(-0,438.e_i - 0,468.e_i) + (30,63 dB + 33,48 dB)}{2} = -0,453.e_1 + 32,055dB$$

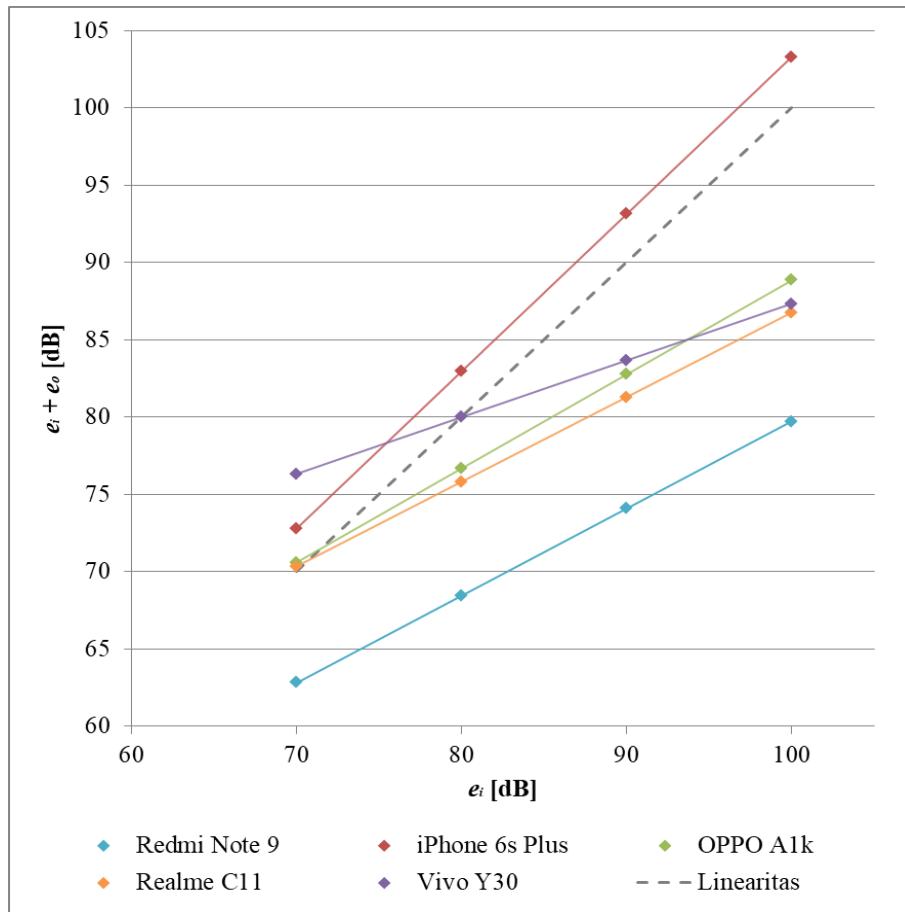
5. *Smartphone* Vivo Y30

Persamaan sensitivitas *Smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 2.000 Hz:

$$e_o = \frac{(-0,627.e_i - 0,64.e_i) + (50,17 dB + 51,1 dB)}{2} = -0,633.e_1 + 50,635dB$$

Tabel 4.6 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 4.000 Hz

| e_i [dB] | e_o [dB] | | | | |
|---------------|------------------------|-------------------|----------|------------|----------|
| | Xiaomi Redmi Note 9 | iPhone 6s Plus | OPPO A1k | Realme C11 | Vivo Y30 |
| 70 | -7,155 | 2,815 | 0,595 | 0,345 | 6,325 |
| 80 | -11,535 | 2,975 | -3,315 | -4,185 | 0,005 |
| 90 | -15,915 | 3,135 | -7,225 | -8,715 | -6,335 |
| 100 | -20,295 | 3,295 | -11,135 | -13,245 | -12,665 |



Gambar 4.6 Sensitivitas pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* dengan frekuensi 4.000 Hz

Pengukuran *SPL* pada frekuensi yang paling tinggi dalam penelitian ini yaitu 4.000 Hz diketahui *smartphone* Realme C11 dan OPPO A3k memiliki sensitivitas yang baik hanya pada e_i sebesar 70 dB. Pada frekuensi ini juga merupakan perangkat dengan nilai e_o paling menjauhi dari nilai e_i , seperti *smartphone* iPhone 6s Plus memiliki nilai e_o yang cukup tinggi masing-masing 2,815 dB, 2,975 dB, 3,135 dB, dan 3,295 dB.

Dari pengukuran ini diketahui bahwa nilai *SPL*, tingkat frekuensi, merk *smartphone*, sistem operasi dan aplikasi pengukuran *SPL* yang berbeda memiliki sensitivitas pengukuran *SPL* yang berbeda pula. Semakin tinggi nilai frekuensi, maka pada umumnya nilai sensitivitas pengukuran semakin berkurang meskipun hanya sedikit dan untuk pengukuran *SPL* pada umumnya *smartphone* dengan sistem operasi *Android* memiliki sensitivitas pengukuran yang baik nilai *SPL* pada

rentang 70 dB dan 80 dB saja, sedangkan nilai *SPL* pada rentang 90 dB - 100 dB pada umumnya dapat diukur dengan cukup baik oleh *smartphone* dengan sistem operasi iOS.

Dari keseluruhan pengujian beberapa *smartphone* tersebut, diketahui dengan jelas bahwa perangkat iPhone 6s Plus yang dilengkapi dengan aplikasi *Soundmeter X* (*developer by Faber Acoustical*) merupakan perangkat yang di antaranya memiliki nilai sensitivitas pengukuran *SPL* yang paling baik dari berbagai frekuensi dan *SPL* serta merupakan perangkat yang di antaranya paling direkomendasikan dalam penelitian pengukuran *SPL* yang selanjutnya yaitu pengukuran parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan.

4.2 Penelitian Parameter Kenyamanan Akustik di Ruang Majid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

4.2.1 Persebaran Sound Pressure Level (*SPL*)

Penelitian Persebaran *Sound Pressure Level* (*SPL*) di dalam ruangan dilakukan pada 36 titik pengukuran menggunakan perangkat *Sound Level Meter* (*SLM*) dan salah satu *smartphone* yang telah diseleksi sebelumnya agar dianalisis akurasinya dalam mengukur *SPL* di dalam ruangan. Nilai pengukuran dicatat setiap 5 detik, berlangsung hingga 50 detik dengan total 10 data. Setelah mendapatkan data maka hasil pengukuran *SPL* tersebut dihitung nilai rata-rata pengukuran. Berikut data pengukuran yang dihasilkan oleh alat ukur *SLM* dan *smartphone* di masing-masing titik pengukuran Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan.

Tabel 4.7 Data pengukuran persebaran *SPL* di Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

| Titik | SLM GM 1356 | Smartphone iPhone 6s | <i>eo</i> [dB] |
|---------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|
| | [dB] | Plus [dB] | |
| 1 | 56,67 | 56,01 | -0,66 |
| 2 | 58,18 | 58,01 | -0,17 |
| 3 | 61,26 | 60,13 | -1,13 |
| 4 | 64,57 | 66,56 | 1,99 |
| 5 | 59,10 | 59,48 | 0,38 |
| 6 | 59,10 | 59,48 | 0,38 |
| 7 | 53,54 | 51,87 | -1,67 |
| 8 | 62,57 | 64,04 | 1,47 |
| 9 | 60,87 | 62,80 | 1,93 |
| 10 | 55,19 | 54,02 | -1,17 |
| 11 | 63,10 | 63,73 | 0,63 |
| 12 | 59,29 | 59,36 | 0,07 |
| 13 | 58,16 | 59,82 | 1,66 |
| 14 | 55,87 | 56,99 | 1,12 |
| 15 | 54,06 | 52,83 | -1,23 |
| 16 | 54,45 | 52,01 | -2,44 |
| 17 | 55,77 | 53,63 | -2,14 |
| 18 | 61,06 | 62,15 | 1,09 |
| 19 | 56,79 | 56,77 | -0,02 |
| 20 | 59,55 | 58,31 | -1,24 |
| 21 | 59,24 | 59,07 | -0,17 |
| 22 | 53,50 | 53,57 | 0,07 |
| 23 | 61,28 | 60,04 | -1,24 |
| 24 | 57,73 | 57,50 | -0,23 |
| 25 | 55,16 | 56,21 | 1,05 |
| 26 | 53,90 | 55,21 | 1,31 |
| 27 | 55,00 | 55,08 | 0,08 |
| 28 | 60,45 | 60,32 | -0,13 |
| 29 | 52,83 | 53,39 | 0,56 |
| 30 | 63,72 | 65,12 | 1,40 |
| 31 | 58,65 | 59,71 | 1,06 |
| 32 | 59,56 | 58,67 | -0,89 |
| 33 | 58,57 | 60,91 | 2,34 |
| 34 | 53,43 | 55,11 | 1,68 |
| 35 | 53,10 | 52,05 | -1,05 |
| 36 | 57,65 | 58,19 | 0,54 |
| Rerata | 57,858 | 58,004 | 0,146 |

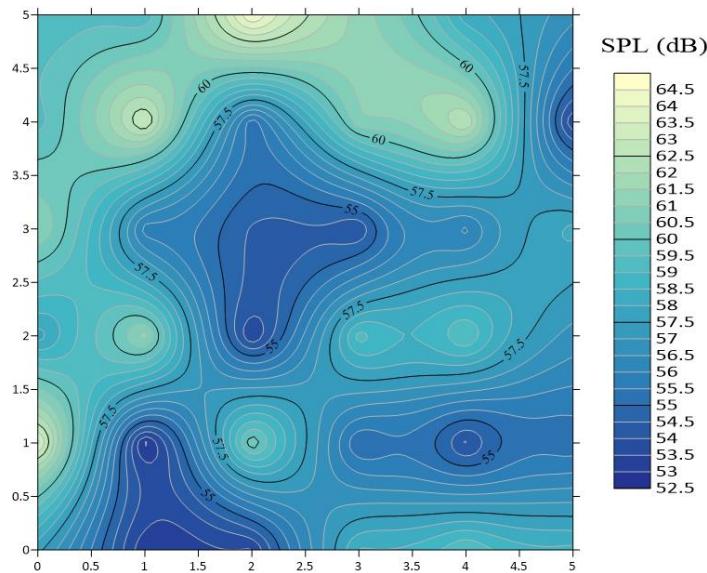
Hasil pengukuran dengan perangkat *SLM* diketahui ada banyak titik pengukuran yang sesuai dengan parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL*, yaitu adanya jarak antar titik terdekat yang selisihnya tidak lebih dari 6 dB misalkan titik 6 dan titik 19 pada pengukuran *SLM* terjadi selisih nilai pengukuran yang tidak jauh dibandingkan dengan titik terdekatnya. Namun ada beberapa titik pengukuran yang menunjukkan *SPL* menurun drastis seperti pada titik 7, 10, 22, 29, 34, dan 35, terjadi selisih nilai *SPL* yang jauh antar titik pengukuran kerap terjadi pada sisi tengah bagian kiri masjid. Bagian tengah masjid merupakan bagian yang di antaranya paling jauh dengan batas dan properti dalam ruangan yang bersifat memantulkan suara seperti keramik dan kaca serta sisi belakang masjid bagian kiri ada banyak bahan penyerap yaitu meja kayu. Hal ini yang menyebabkan nilai *SPL* pada bagian tengah titik pengukuran di masjid menurun drastis dan didominasi pada sebelah kiri. Pada sisi belakang masjid terdapat lemari dan rak yang terbuat dari kaca yang menyebabkan pemantulan *SPL* yang kuat sehingga nilai pengukuran menunjukkan angka yang lebih tinggi di bagian kanan dibandingkan dengan bagian kiri. Dari pengukuran tersebut diketahui perbedaan nilai antar titik pengukuran yang jauh disebabkan jarak atau jangkauan sumber suara dengan titik ukur dan juga sifat material benda di dekat titik pengukuran

Akurasi pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan diketahui nilai *error* sebagai berikut:

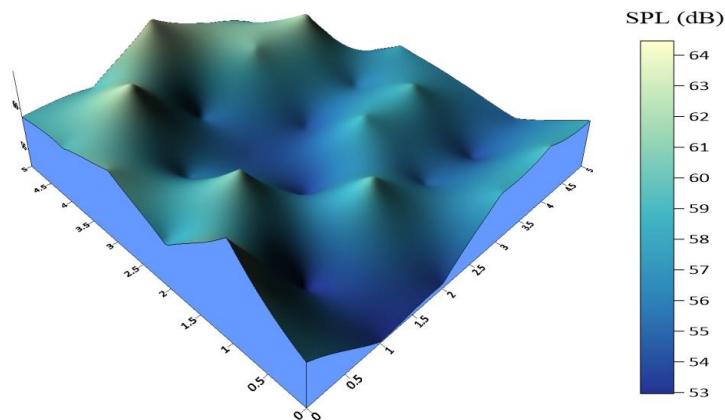
$$\begin{aligned}\% \text{ error} &= \frac{e_o}{e_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,146 \text{ dB}}{57,858} \times 100\% \\ &= 0,00252 \times 100\% \\ &= 0,252\%\end{aligned}$$

Pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus menunjukkan bahwa meskipun telah diuji dengan perbandingan beberapa *smartphone* lain saat mengukur *SPL* pada jarak yang sangat dekat, namun untuk pengujian akurasi pengukuran persebaran *SPL* di dalam ruangan menunjukkan hasil pembacaan yang sangat sedikit berbeda dengan *SLM GM 1356* yaitu nilai *error* pengukuran 0,252 %. Pada titik ukur 16 dan 17 merupakan bagian tengah

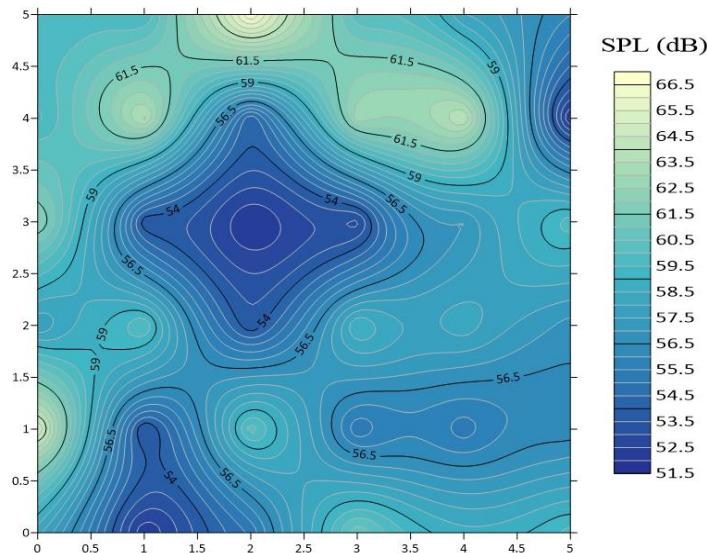
ruang masjid yang jauh dari jangkauan material pemantul suara seperti kaca jendela dan nilai e_o yaitu -2,14 dB dan -2,44 dB, serta bagian belakang masjid yaitu pada titik ukur 33 terjadi hasil e_o yang berbeda antara kedua perangkat yaitu 2,34 dB, area tersebut dekat dengan bahan pemantul serta penyerap suara seperti pintu kaca ruang masjid dan meja kayu. Dari nilai tersebut diketahui bahwa akurasi pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s plus dipengaruhi oleh jarak atau jangkauan sumber suara dengan titik ukur dan juga sifat material benda di dekat titik pengukuran.



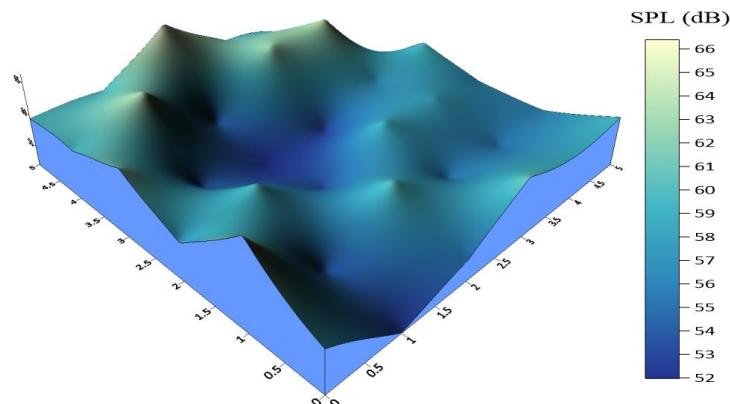
Gambar 4.7 Peta kontur 2 dimensi pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *SLM* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Gambar 4.8 Peta kontur 3 dimensi pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *SLM* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Gambar 4.9 Peta kontur 2 dimensi pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *smartphone* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Gambar 4.10 Peta kontur 3 dimensi pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *smartphone* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

4.2.2 Waktu Dengung Akustik (R_T)

Penelitian pengukuran waktu dengung akustik (R_T) terdiri atas dua metode yaitu menggunakan metode *Sabine* dan menggunakan alat ukur *Sound Level Meter (SLM)* secara langsung pada satu titik pengukuran. Berikut adalah hasil pengukuran dan perhitungan R_T menggunakan metode *Sabine*.

1. Sisi depan

Tabel 4.8 Permukaan sisi depan ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|---------------------|------------|--------------------------------------------|
| 1 | Kipas angin | Besi | 0,784 |
| 2 | <i>Running text</i> | Kaca | 0,91 |
| 3 | AC | Besi | 0,63 |
| 4 | <i>Speaker</i> | Besi | 0,2 |
| 5 | Ventilasi | Kaca | 0,84 |
| 6 | Jam dinding | Kaca | 0,069 |
| 7 | Pintu Muazin | Kaca | 1,14 |
| 8 | Kusen pintu muazin | Besi | 1,905 |
| 9 | Mimbar | Karpet | 2,675 |
| 10 | Tiang mimbar | Kayu | 0,156 |
| 11 | Dinding | Keramik | Ruang imam : 21,714 Sisi depan : 33,404 |
| 12 | Dinding | Bata dicat | 14,535 |

Jumlah luas permukaan material sisi depan:

- a. Keramik $(21,714 + 33,404) \text{ m}^2$ = 55,118 m²
- b. Bata dicat = 14,535 m²
- c. Kaca $(0,91 + 0,84 + 0,07 + 1,14) \text{ m}^2$ = 2,96 m²
- d. Besi $(0,63 + 0,2 + 1,905 + 0,784) \text{ m}^2$ = 3,719 m²
- e. Karpet = 2,675 m²
- f. Kayu = 0,156 m²

2. Sisi kanan

Tabel 4.9 Permukaan sisi kanan ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|-------------------------|------------|------------------------|
| 1 | Jerjak Jendela | Besi | 2,38 |
| 2 | Kusen jendela | Kayu | 1,032 |
| 3 | Jendela | Kaca | 10,388 |
| 4 | Ventilasi jendela | Kaca | 1,08 |
| 5 | Kusen ventilasi jendela | Kayu | 1,934 |
| 6 | Ventilasi pintu | Kaca | 0,45 |
| 7 | Kusen ventilasi pintu | Kayu | 0,554 |
| 8 | Kusen pintu | Kayu | 0,292 |
| 9 | Pintu | Kaca | 2,28 |
| 10 | Jerjak pintu | Besi | 0,765 |
| 11 | AC | Besi | 0,63 |
| 12 | Kipas angin | Besi | 0,194 |
| 13 | Kotak infak | Besi | 0,3 |
| 14 | Foto | Kaca | 0,279 |
| 15 | Bingkai foto | Kayu | 0,071 |
| 17 | Dinding | Keramik | 20,239 |
| 18 | Dinding | Bata dicat | 17,84 |

Jumlah luas permukaan material sisi kanan:

- a. Besi $(2,38 + 0,765 + 0,63 + 0,194 + 0,3) \text{ m}^2 = 4,269 \text{ m}^2$
- b. Kayu $(1,032 + 1,934 + 0,554 + 0,292 + 0,071) \text{ m}^2 = 3,883 \text{ m}^2$
- c. Kaca $(1,08 + 10,388 + 0,45 + 2,28 + 0,279) \text{ m}^2 = 14,477 \text{ m}^2$
- d. Keramik $= 20,239 \text{ m}^2$
- e. Bata dicat $= 17,84 \text{ m}^2$

3. Sisi belakang

Tabel 4.10 Permukaan sisi belakang ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|-------------------------|------------|------------------------|
| 1 | Jerjak Jendela | Besi | 2,182 |
| 2 | Kusen jendela | Kayu | 0,672 |
| 3 | Jendela | Kaca | 9,773 |
| 4 | Ventilasi jendela | Kaca | 1,08 |
| 5 | Kusen ventilasi jendela | Kayu | 1,934 |
| 6 | Ventilasi pintu | Kaca | 0,45 |
| 7 | Kusen ventilasi pintu | Kayu | 0,554 |
| 8 | Kusen pintu | Kayu | 0,292 |
| 9 | Pintu | Kaca | 2,28 |
| 10 | Jerjak pintu | Besi | 1,052 |
| 11 | AC | Besi | 0,42 |
| 12 | Jam dinding | Kaca | 0,07 |
| 13 | Lemari | Kaca | 1,58 |
| 14 | Lemari | Besi | 0,616 |
| 15 | Rak | Kaca | 0,552 |
| 16 | Rak | Besi | 0,248 |
| 17 | Meja | Kayu | 1,75 |
| 18 | Kipas angin | Besi | 0,388 |
| 19 | Dinding | Keramik | 23,876 |
| 20 | Dinding | Bata dicat | 13,107 |

Jumlah luas permukaan material sisi belakang:

- a. Kaca $(9,773 + 1,08 + 0,45 + 2,28 + 0,07 + 1,58 + 0,552) \text{ m}^2 = 15,785 \text{ m}^2$
- b. Besi $(2,182 + 1,052 + 0,42 + 0,616 + 0,248 + 0,388) \text{ m}^2 = 4,906 \text{ m}^2$
- c. Kayu $(0,672 + 1,934 + 0,554 + 0,292 + 1,75) \text{ m}^2 = 5,202 \text{ m}^2$
- d. Keramik $= 23,876 \text{ m}^2$
- e. Bata dicat $= 13,107 \text{ m}^2$

4. Sisi kiri

Tabel 4.11 Permukaan sisi kiri ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|-------------------------|------------|------------------------|
| 1 | Jerjak jendela | Besi | 2,38 |
| 2 | Kusen jendela | Kayu | 1,032 |
| 3 | Jendela | Kaca | 10,388 |
| 4 | Ventilasi jendela | Kaca | 1,08 |
| 5 | Kusen ventilasi jendela | Kayu | 1,934 |
| 6 | Ventilasi pintu | Kaca | 0,45 |
| 7 | Kusen ventilasi pintu | Kayu | 0,554 |
| 8 | Kusen pintu | Kayu | 0,292 |
| 9 | Pintu | Kaca | 2,28 |
| 10 | Jerjak pintu | Besi | 0,765 |
| 11 | AC | Besi | 0,63 |
| 12 | Kipas angin | Besi | 0,194 |
| 13 | Kotak infak | Besi | 0,3 |
| 14 | Dinding | Keramik | 20,789 |
| 15 | Dinding | Bata dicat | 17,84 |

Jumlah luas permukaan material sisi kiri:

- a. Kaca $(10,388 + 1,08 + 0,45 + 2,28) \text{ m}^2 = 14,198 \text{ m}^2$
- b. Besi $(2,38 + 0,765 + 0,63 + 0,194 + 0,3) \text{ m}^2 = 4,269 \text{ m}^2$
- c. Kayu $(1,032 \text{ m}^2 + 1,934 \text{ m}^2 + 0,554 + 0,292) \text{ m}^2 = 3,812 \text{ m}^2$
- d. Keramik $= 20,789 \text{ m}^2$
- e. Bata dicat $= 17,84 \text{ m}^2$

5. Sisi alas

Tabel 4.12 Permukaan sisi alas ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|---------|---------|------------------------|
| 1 | Lantai | Keramik | 20,315 |
| 2 | Sajadah | Karpet | 260,62 |

Jumlah luas permukaan material sisi alas:

- a. Keramik $= 20,315 \text{ m}^2$
- b. Karpet $= 260,62 \text{ m}^2$

6. Sisi atap

Tabel 4.13 Permukaan sisi atap ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|-------------|--------|------------------------|
| 1 | Lampu TL | Kaca | 0,011 |
| 2 | Lampu LED | Kaca | 0,24 |
| 3 | Kipas angin | Besi | 0,194 |
| 4 | Atap | Gipsum | 297,67 |

Jumlah luas permukaan material sisi atap:

| | | |
|-----------|------------------------------|------------------------|
| a. Kaca | $(0,011 + 0,24) \text{ m}^2$ | $= 0,251 \text{ m}^2$ |
| b. Besi | | $= 0,194 \text{ m}^2$ |
| c. Gipsum | | $= 297,67 \text{ m}^2$ |

7. Sisi lainnya

Tabel 4.14 Permukaan sisi lainnya ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas [m ²] |
|----|----------------|---------|------------------------|
| 1 | Tiang masjid | Keramik | 9,744 |
| 2 | Tiang pembatas | Besi | 1,2195 |

Jumlah luas permukaan material sisi lainnya:

| | |
|------------|------------------------|
| a. Keramik | $= 9,744 \text{ m}^2$ |
| b. Besi | $= 1,2195 \text{ m}^2$ |

Luas permukaan material keseluruhan :

| | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a. Batu | $: (14,535 + 17,84 + 13,107 + 17,84) \text{ m}^2$ $= 63,322 \text{ m}^2$ |
| b. Besi | $: (2,935 + 4,269 + 4,906 + 4,269 + 1,219 + 0,784 + 0,194) \text{ m}^2$ $= 18,576 \text{ m}^2$ |
| c. Kaca | $: (2,96 + 14,477 + 15,785 + 14,198 + 0,251) \text{ m}^2$ $= 47,61 \text{ m}^2$ |
| d. Keramik | $: (55,118 + 20,239 + 23,876 + 20,789 + 20,315 + 9,744) \text{ m}^2$ $= 150,081$ |
| e. Kayu | $: (0,156 + 3,883 + 5,202 + 3,812) \text{ m}^2$ $= 13,053 \text{ m}^2$ |
| f. Gipsum | $: 297,67 \text{ m}^2$ |
| g. Karpet | $: (2,675 + 260,62) \text{ m}^2$ $= 263,295 \text{ m}^2$ |

Persamaan R_T menggunakan metode *Sabine* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan yaitu:

$$R_T = \frac{0,161 V}{\sum S.\alpha}$$

$$= \frac{0,161 \cdot ((V_{Jmh} + V_{Imam} + V_{Atap_mnk}) - (V_{Ddg\ ke\ dlm} + V_{Tiang} + V_{Atap_mnrm} + V_{Mmbr} + V_{Lmri} + V_{Rk} + V_{AC} + V_{Spkr}))}{S.\alpha_{Batu} + S.\alpha_{Besi} + S.\alpha_{Kaca} + S.\alpha_{Keramik} + S.\alpha_{Kayu} + S.\alpha_{Gipsum} + S.\alpha_{Karpet}}$$

Tabel 4.15 Nilai waktu dengung akustik (R_T) menggunakan metode *Sabine* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

| Frekuensi [Hz] | 0,161 . V [m³] | ΣA | R_T [sekon] |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 125 | 184,257 | 124,845 | 1,475 |
| 250 | 184,257 | 73,065 | 2,521 |
| 500 | 184,257 | 75,157 | 2,451 |
| 1.000 | 184,257 | 106,098 | 1,736 |
| 2000 | 184,257 | 159,312 | 1,156 |
| 4.000 | 184,257 | 192,237 | 0,956 |
| Rerata | | | 1,716 |

Mengukur R_T juga dilakukan menggunakan perangkat *SLM*, pengukuran dilakukan pada satu titik dan dari data pengukuran ditentukan $R_{T(30)}$ menggunakan persamaan regresi linear, dari nilai tersebut dikalikan dua dan didapatkan nilai $R_{T(60)}$.

Tabel 4.16 Data pengukuran waktu dengung akustik (R_T) menggunakan *SLM*

| SPL [dB] | t [sekon] |
|---------------------|-----------------------------------|
| 96 | 0 |
| 66 | 0,8 |
| 58,5 | 1 |

$$\begin{aligned}
 R_{T(60)} &= 2 \cdot R_{T(30)} \\
 &= 2 \cdot (0,8 \text{ sekon}) \\
 &= 1,6 \text{ sekon}
 \end{aligned}$$

Dari pengukuran tersebut diketahui Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan memiliki nilai R_T dengan menggunakan metode *Sabine* atau secara teori yaitu 1,716 sekon dan menggunakan *SLM* yaitu 1,6 sekon yang artinya ruang masjid tersebut melebihi dari nilai parameter kenyamanan akustik berdasarkan waktu dengung dalam bangunan untuk beribadah dan percakapan pada volume 1.144,456 m³ yaitu 1,228 sekon (lihat gambar 2.4). Nilai R_T yang melebihi dari parameter disebabkan oleh pembatas ruangan dan properti ruangan yang banyak bersifat memantulkan suara seperti material dari bata dicat, besi, keramik, dan kaca. Nilai R_T dalam ruangan dapat dikurangi yaitu menambahkan material yang bersifat *absorber* atau nilai koefisien serap yang tinggi terhadap suara ($\alpha \geq 0,2$) ke pembatas ruangan yang materialnya bersifat memantulkan suara.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut

1. *Smartphone* dengan sistem operasi *Android* (Xiaomi Redmi Note 9, OPPO A1k, Realme C11, Vivo Y30) menunjukkan bahwa pada umumnya sensitivitas pengukuran *SPL* yang baik hanya pada nilai 70 dB - 80 dB. *Smartphone* dengan sistem operasi *iOS* (iPhone 6s Plus) merupakan *smartphone* yang di antaranya memiliki sensitivitas pengukuran *SPL* yang paling baik untuk beberapa tingkat frekuensi dan *SPL* (70 dB - 100 dB), perangkat ini juga merupakan yang paling direkomendasikan dari beberapa *smartphone* tersebut untuk pengukuran persebaran *SPL* di dalam ruangan.
2. Pengukuran persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan menggunakan *smartphone* (iPhone 6s Plus) menunjukkan bahwa akurasi pengukurannya terhadap pengukuran menggunakan *Sound Level Meter (SLM)* (GM 1356) yaitu sebesar 0,252 %. Perbedaan nilai pengukuran antara kedua perangkat disebabkan jarak atau jangkauan sumber suara dengan alat ukur dan sifat material di sekitar titik pengukuran *SPL* yang memengaruhi sensitivitas pengukuran *SPL* di dalam ruangan.
3. Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan memiliki Parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *Sound Pressure Level (SPL)* yang cukup baik di dalam ruangan karena pada umumnya nilai pengukuran *SPL* di suatu titik pengukuran memiliki selisih nilai dengan titik ukur terdekatnya yang tidak lebih dari 6 dB. Terjadinya selisih nilai *SPL* antar titik ukur terdekat yang tinggi disebabkan jarak atau jangkauan sumber suara dan pengaruh sifat material pembatas dan properti terhadap suara di dekat titik pengukuran.
4. Nilai waktu dengung akustik (R_T) berdasarkan metode *Sabine* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan yaitu sebesar 1,716

sekon dan menggunakan *Sound Level Meter (SLM)* yaitu 1,6 sekon yang artinya nilai ini masih melebihi dari parameter kenyamanan akustik berdasarkan R_T dalam bangunan untuk beribadah dan percakapan pada volume $1.144,456 \text{ m}^3$ yaitu 1,228 sekon (lihat gambar 2.4). Tingginya nilai R_T disebabkan karena banyaknya pembatas dan properti dalam ruang yang nilai koefisien serap akustik kecil ($\alpha \leq 0,1$) atau kemampuan menyerap suara yang sangat kecil.

5.2. Saran

Penelitian ini merupakan pengembangan dan penambahan metode dari penelitian sebelumnya. Berikut adalah saran yang perlu ditambahkan dan dikembangkan dalam penelitian ini.

1. Perangkat *smartphone* yang digunakan untuk mengukur sensitivitas diteliti dengan jumlah lebih banyak dan yang terbaru serta untuk perangkat *Sound Level Meter (SLM)* agar penggunaannya dengan merk terbaru dan tipe yang lebih baik lagi.
2. Teknologi *hardware* dan *software* yang mendukung pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)* dari *smartphone* perlu lebih dikembangkan lagi agar sensitivitas pengukuran lebih baik.
3. Diperlukan *treatment* yaitu material *absorber* suara ($\alpha \geq 0,2$) sebagai pelapis untuk pembatas ruangan yang bersifat memantulkan suara agar Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan sesuai dengan parameter kenyamanan akustik berdasarkan persebaran *SPL* dan waktu dengung (R_T) di ruang beribadah dan percakapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangladesh National Building Code. 2012. "Building Services" Bangladesh: Housing and Building Research Institute
- Barron, Randall F. 2002. "*Industrial Noise Control and Acoustic*". New York: Marcell Dekker, Inc
- Bell, Lewis.H. 1993. "*Industrial Noise Control: Fundamental and Application Second Edition, Revised and Expanded*". New York: Marcel Dekker, Inc
- Beranek, Leo L. 1988. "*Acoustical Measurement*". USA: Acoustical Society of AMER
- Doebelin, Ernest O. 2019. "*Measurement System: 7th Edition*" USA: McGraw-Hill Publishing
- Doelle, L. L. 1993. "*Akustik Lingkungan*". Jakarta: Erlangga
- Fogola, Jacopo. 2015. "*Smartphone as Noise Level Meter?*". ICSV22 Article
- Hasan, Wahyu Lukman. 2016. "*Perancangan dan Implementasi Audio Meter pada Platform Android*". e-Proceeding of Engineering Journal, 3
- Ilyas, Mohammed. 2006. "*Smartphone Research Report*". Chicago: IEC
- Latifah, Nur Laila. 2015. "*Fisika Bangunan 2*". Jakarta: Penebar Swadaya Grup
- Long, Marshall. 2005. "*Architectural Acousticss*". UK: Elsevier Academic Press
- Maekawa, Z dkk. 2011. "*Environmental and Architectural Acoustics Second Edition*". New York: Spoon Press
- Marcelino, Maria Jose dkk. (Ed). 2016. "*ICT in Education*". Portugal: Springer
- Mather, George. 2006. "*Foundations of Perception*". United Kingdom: Psychology Press

- McMullan, Randall. 1991. “*Noise Control in Building*”. London: BSP Professional Books
- Mediastika, Christina.E. 2005. “*Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*”. Jakarta: Erlangga
- Murdaka, Bambang. 2008. “*Fisika Dasar*”. Yogyakarta: Andi
- Murphy, Enda. 2016. “*Testing the Accuracy of Smartphone and Sound Level Meter Application for Measuring Environmental Noise*”. Science direct Journal, 106
- Suyatno. 2017. “*Karakteristik Akustik Ruang Sidang Jurusan Fisika FMIPA-ITS sebagai Ruang Konferensi*”. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. 13.
- Tolle, Herman dkk. (Ed). 2017. “*Pengembangan Aplikasi Perangkat Bergerak: Konsep dan Implementasi*”. Malang: UB Press
- Yeol, Yoon Jeong. (Ed). 2020. “*Smartphone Based Medical Diagnostics*”. USA: Academic Press

Sumber Rujukan Online

en.benetechco.com/en/products/sound-level-meter-gm1356.html [diakses pada tanggal 4 Februari 2020 jam 13.30 WIB]

<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2016/08/08/pengguna-smartphone-di-indonesia-2016-2019> [diakses pada tanggal 4 Februari 2020 jam 13.35 WIB]

Lampiran 1 Peralatan Penelitian



Sound Level Meter (SLM) GM 1356



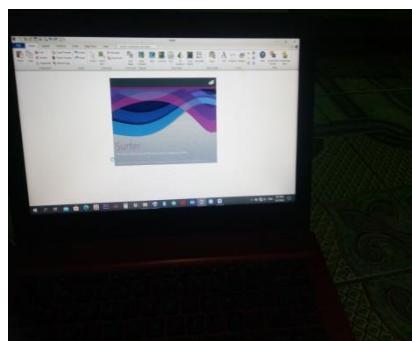
Meteran



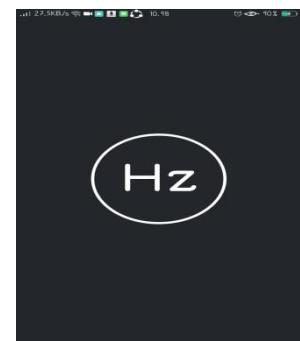
Speaker



Tripod



Laptop dan Aplikasi Surfer Golden V.16



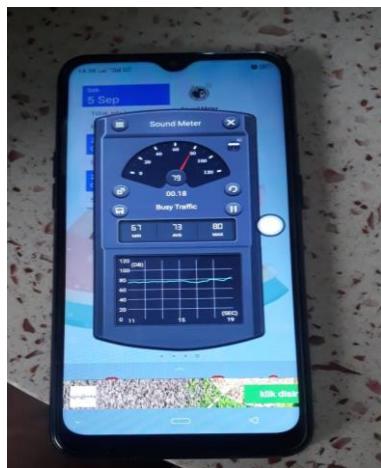
*Aplikasi Hz V.2.6 for Android
(Developer by LuxDeLux)*



Smartphone Xiaomi Redmi Note 9 dan Aplikasi Soundmeter X V.10.5.5



Smartphone iPhone 6s Plus dan Aplikasi Soundmeter X V.10.5.5



Smartphone OPPO A1k dan Aplikasi Soundmeter V.2.1.9



Smartphone Realme C11 dan Aplikasi Soundmeter V.2.1.9



Smartphone Vivo Y30 dan Aplikasi Soundmeter V.2.1.9

Lampiran 2 Peninjauan Lokasi



Sisi depan Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Sisi kanan Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Sisi kiri Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Sisi belakang Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Lampiran 3 Proses Penelitian



Pengukuran *Sound Pressure Level* (*SPL*) menggunakan beberapa *smartphone* dengan berbagai frekuensi



Pengukuran Persebaran *SPL* menggunakan *SLM* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *smartphone* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

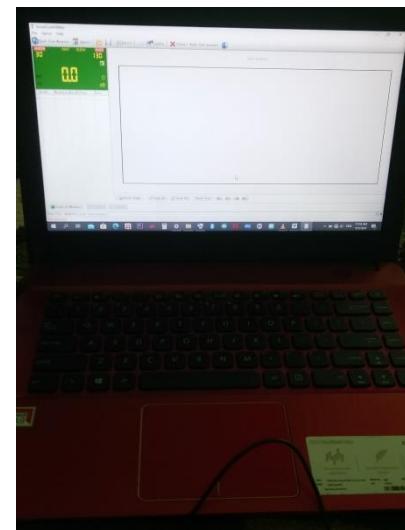


Pengukuran besaran panjang pembatas dan properti menggunakan meteran di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Lampiran 4 Teknik Pengambilan Data dan Analisis

Four data collection sheets titled "Pembacaan Smartphone saat Kondisi Noh (dB)" showing sound pressure level measurements across various frequency bands (5 s, 10 s, 15 s, 20 s, 25 s, 30 s, 35 s, 40 s, 45 s, 50 s) for different times of the day (06.00, 07.00, 08.00, 09.00, 10.00, 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, 15.00, 16.00, 17.00). The sheets are labeled L₁, L₂, L₃, and L₄.

Data pengukuran *Sound Pressure Level* (*SPL*) menggunakan beberapa *smartphone* dengan berbagai frekuensi



Tampilan data pengukuran *SPL* menggunakan *Sound Level Meter* (*SLM*) GM 1356 dengan aplikasi *SoundLab*



Mencatat data pengukuran persebaran *SPL* menggunakan *smartphone* di Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Menghitung luas permukaan pembatas dan properti di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan



Pengukuran R_T menggunakan *Sound Level Meter (SLM)* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Analisis Sensitivitas Pengukuran *Sound Pressure Level (SPL)* Menggunakan *Smartphone*

1. Frekuensi 125 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 125 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | 70 | | 80 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 70 | 70 | 81 | 80 |
| 2 | 70 | 70 | 81 | 80 |
| 3 | 71 | 71 | 81 | 80 |
| 4 | 71 | 70 | 81 | 80 |
| 5 | 71 | 70 | 81 | 80 |
| 6 | 70 | 69 | 81 | 80 |
| 7 | 70 | 69 | 81 | 80 |
| 8 | 71 | 69 | 81 | 81 |
| 9 | 70 | 69 | 81 | 80 |
| 10 | 70 | 69 | 81 | 79 |
| Rerata | 70,4 | 69,6 | 81 | 80 |

b. *Smartphone* iPhone 6s Plus

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 125 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | |
|---------------|----------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | 70 | | 80 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 70,7 | 70,6 | 79,7 | 79,7 |
| 2 | 70,7 | 70,8 | 79,7 | 79,7 |
| 3 | 70,6 | 70,7 | 79,7 | 79,7 |
| 4 | 70,7 | 70,6 | 79,6 | 79,6 |
| 5 | 70,7 | 70,7 | 79,7 | 79,7 |
| 6 | 70,6 | 70,5 | 79,7 | 79,6 |
| 7 | 70,8 | 70,7 | 79,7 | 79,7 |
| 8 | 70,7 | 70,2 | 79,9 | 79,6 |
| 9 | 70,7 | 70,7 | 79,6 | 79,6 |
| 10 | 70,8 | 70,8 | 79,7 | 79,6 |
| Rerata | 70,7 | 70,63 | 79,7 | 79,65 |

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 125 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 72 | 73 | 83 | 82 |
| 2 | 72 | 72 | 83 | 82 |
| 3 | 72 | 73 | 83 | 82 |
| 4 | 72 | 72 | 83 | 82 |
| 5 | 72 | 73 | 82 | 82 |
| 6 | 72 | 73 | 82 | 83 |
| 7 | 72 | 73 | 82 | 82 |
| 8 | 72 | 73 | 82 | 83 |
| 9 | 72 | 73 | 82 | 82 |
| 10 | 72 | 73 | 82 | 82 |
| Rerata | 72 | 72,8 | 82,6 | 82,8 |

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 125 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|
| | 70 | | 80 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 70 | 70 | 81 | 81 |
| 2 | 70 | 70 | 80 | 81 |
| 3 | 71 | 70 | 80 | 81 |
| 4 | 71 | 71 | 80 | 81 |
| 5 | 71 | 70 | 81 | 81 |
| 6 | 70 | 70 | 81 | 81 |
| 7 | 70 | 71 | 81 | 81 |
| 8 | 70 | 70 | 80 | 81 |
| 9 | 69 | 70 | 81 | 81 |
| 10 | 69 | 70 | 81 | 81 |
| Rerata | 70,1 | 70,2 | 80,6 | 81 |

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 125 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-----------|-------------|
| | 70 | | 80 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 76 | 77 | 82 | 83 |
| 2 | 76 | 77 | 82 | 82 |
| 3 | 76 | 78 | 82 | 81 |
| 4 | 75 | 77 | 82 | 81 |
| 5 | 76 | 78 | 82 | 81 |
| 6 | 75 | 78 | 82 | 81 |
| 7 | 75 | 78 | 82 | 81 |
| 8 | 75 | 78 | 82 | 81 |
| 9 | 75 | 78 | 82 | 81 |
| 10 | 75 | 78 | 82 | 81 |
| Rerata | 75,4 | 77,7 | 82 | 81,3 |

Persamaan sensitivitas pengukuran:

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$e_o = m \cdot e_i + b$$

1. Frekuensi 125 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 125 Hz

| <i>L_P sumber</i> [dB] | <i>e_i</i> ² [dB ²] | <i>e_o</i> | | <i>e_i . e_o</i> | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 0,4 | -0,4 | 28 | -32 |
| 80 | 6.400 | 1 | 0 | 80 | 0 |
| 150 | 11.300 | 1,4 | -0,4 | 108 | -32 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{2.(108 dB^2) - (150 dB)(1,4 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{6 dB^2}{100 dB^2} = 0,06$$

$$b = \frac{(1,4 dB)(11.300 dB^2) - (108 dB^2)(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-380 dB^3}{100 dB^2} = -3,8 dB$$

$$e_o = 0,06.e_i + (-3,8 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{2.(-32 dB^2) - (150 dB)(-0,4 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-4 dB^2}{100 dB^2} = -0,04$$

$$b = \frac{(-0,4 dB)(11.300 dB^2) - (-32 dB^2)(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{280 dB^3}{100 dB^2} = 2,8 dB$$

$$e_o = -0,04.e_i + (2,8 dB)$$

b. Smartphone iPhone 6s Plus

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 125 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | 0,7 | 0,63 | 49 | 44,1 |
| 80 | 6.400 | -0,3 | -0,35 | -24 | -28 |
| 150 | 11.300 | 0,4 | 0,28 | 25 | 16,1 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{2(25 dB^2) - (150 dB)(0,4 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-10 dB^2}{100 dB^2} = -0,1$$

$$b = \frac{(0,4 dB)(11.300 dB^2) - (25 dB^2)(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{770 dB^3}{100 dB^2} = 7,7 dB$$

$$e_o = -0,1.e_i + (7,7 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{2.(16,1 dB^2) - (150 dB)(0,28 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-9,8 dB^2}{100 dB} = -0,098$$

$$b = \frac{(0,28 dB)(11.300 dB^2) - (16,1 dB^2)(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{749 dB^3}{100 dB^2} = 7,49 dB$$

$$e_o = -0,098.e_i + (7,49 dB)$$

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 125 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | 2 | 2,8 | 140 | 196 |
| 80 | 6.400 | 2,6 | 2,8 | 208 | 224 |
| 150 | 11.300 | 4,6 | 5,6 | 348 | 420 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{2.(348 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})(4,6 \text{ dB})}{2.(11.300 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})^2} = \frac{6 \text{ dB}^2}{100 \text{ dB}^2} = 0,06$$

$$b = \frac{(4,6 \text{ dB})(11.300 \text{ dB}^2) - (348 \text{ dB}^2)(150 \text{ dB})}{2.(11.300 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})^2} = \frac{-220 \text{ dB}^3}{100 \text{ dB}^2} = -2,2 \text{ dB}$$

$$e_o = 0,06 \cdot e_i + (-2,2 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{2.(420 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})(5,6 \text{ dB})}{2.(11.300 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})^2} = \frac{-1.064 \text{ dB}^2}{-56.800 \text{ dB}^2} = 0,018$$

$$b = \frac{(5,6 \text{ dB})(11.300 \text{ dB}^2) - (420 \text{ dB}^2)(150 \text{ dB})}{2.(11.300 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})^2} = \frac{21.840 \text{ dB}^3}{-56.800 \text{ dB}^2} = -0,384 \text{ dB}$$

$$e_o = 0,018 \cdot e_i + (-0,384 \text{ dB})$$

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 125 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | 0,1 | 0,2 | 7 | 14 |
| 80 | 6.400 | 0,6 | 1 | 48 | 80 |
| 150 | 11.300 | 0,7 | 1,2 | 55 | 94 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{2.(55 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})(0,7 \text{ dB})}{2.(11.300 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})^2} = \frac{5 \text{ dB}^2}{100 \text{ dB}^2} = 0,05$$

$$b = \frac{(0,7 \text{ dB})(11.300 \text{ dB}^2) - (55 \text{ dB}^2)(150 \text{ dB})}{2.(11.300 \text{ dB}^2) - (150 \text{ dB})^2} = \frac{-340 \text{ dB}^3}{100 \text{ dB}^2} = -3,4 \text{ dB}$$

$$e_o = 0,05 \cdot e_i + (-3,4 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{2.(94 dB^2) - (150 dB).(1,2 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{8 dB^2}{100 dB^2} = 0,08$$

$$b = \frac{(1,2 dB).(11.300 dB^2) - (94 dB^2).(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-540 dB^3}{100 dB^2} = -5,4 dB$$

$$e_o = 0,08.e_i + (-5,4 dB)$$

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 125 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 5,4 | 7,7 | 378 | 539 |
| 80 | 6.400 | 2 | 1,3 | 160 | 104 |
| 150 | 11.300 | 7,4 | 9 | 538 | 643 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{2.(538 dB^2) - (150 dB).(7,4 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-34 dB^2}{100 dB^2} = -0,34$$

$$b = \frac{(7,4 dB).(11.300 dB^2) - (538 dB)^2.(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{2.920 dB^3}{100 dB^2} = 29,2 dB$$

$$e_o = -0,34.e_i + (29,2 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{2.(643 dB^2) - (150 dB).(9 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{-64 dB^2}{100 dB^2} = -0,64$$

$$b = \frac{(9 dB).(11.300 dB^2) - (643 dB)^2.(150 dB)}{2.(11.300 dB^2) - (150 dB)^2} = \frac{5.250 dB^3}{100 dB^2} = 52,5 dB$$

$$e_o = -0,64.e_i + (52,5 dB)$$

2. Frekuensi 250 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 250 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 68 | 70 | 74. | 73 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 2 | 68 | 70 | 74 | 73 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 3 | 68 | 70 | 74 | 74 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 4 | 68 | 70 | 74 | 74 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 5 | 68 | 70 | 74 | 74 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 6 | 69 | 70 | 74 | 73 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 7 | 69 | 70 | 74 | 73 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| 8 | 69 | 70 | 74 | 74 | 79 | 79 | 81 | 81 |
| 9 | 68 | 70 | 73 | 74 | 79 | 79 | 81 | 81 |
| 10 | 68 | 71 | 73 | 73 | 80 | 79 | 81 | 81 |
| Rerata | 68,3 | 70,1 | 73,8 | 73,5 | 79,8 | 79 | 81 | 81 |

b. *Smartphone* iPhone 6s Plus

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 250 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 68,4 | 70,3 | 81,5 | 79,7 | 88,5 | 90,8 | 99,2 | 99,4 |
| 2 | 68,3 | 70,1 | 81,7 | 80,4 | 88,4 | 90,7 | 99,1 | 98,7 |
| 3 | 68,5 | 70,2 | 80,5 | 81,0 | 87,9 | 90,8 | 98,2 | 98,5 |
| 4 | 68,3 | 70,3 | 81,2 | 80,5 | 88,3 | 90,4 | 98,6 | 99,7 |
| 5 | 68,4 | 70,4 | 80,9 | 79,1 | 88,3 | 90,7 | 99,3 | 99,5 |
| 6 | 69,5 | 70,6 | 81,5 | 79,2 | 87,9 | 90,7 | 99,0 | 99,2 |
| 7 | 68,5 | 70,4 | 81,3 | 80,1 | 88,4 | 90,8 | 99,2 | 99,3 |
| 8 | 68,4 | 70,5 | 81,3 | 79,9 | 88,5 | 90,8 | 99,2 | 99,2 |
| 9 | 68,3 | 71,2 | 81,0 | 80,8 | 88,1 | 90,4 | 100,0 | 99,2 |
| 10 | 68,5 | 70,2 | 81,2 | 81,4 | 88,5 | 91,1 | 100,8 | 100,2 |
| Rerata | 68,51 | 70,42 | 81,21 | 80,21 | 88,28 | 90,72 | 99,26 | 99,29 |

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 250 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 69 | 71 | 79 | 80 | 87 | 87 | 84 | 84 |
| 2 | 70 | 70 | 79 | 80 | 87 | 87 | 85 | 84 |
| 3 | 71 | 71 | 79 | 81 | 87 | 87 | 85 | 84 |
| 4 | 71 | 71 | 79 | 81 | 87 | 87 | 84 | 84 |
| 5 | 71 | 71 | 80 | 80 | 87 | 88 | 84 | 84 |
| 6 | 71 | 71 | 80 | 80 | 87 | 88 | 84 | 84 |
| 7 | 71 | 70 | 79 | 80 | 87 | 88 | 84 | 84 |
| 8 | 72 | 71 | 79 | 80 | 87 | 87 | 84 | 84 |
| 9 | 71 | 70 | 79 | 80 | 87 | 87 | 84 | 84 |
| 10 | 71 | 71 | 79 | 80 | 87 | 87 | 84 | 84 |
| Rerata | 70,8 | 70,7 | 79,2 | 80,2 | 87 | 87,3 | 84,2 | 84 |

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 250 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 88 |
| 2 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 88 | 88 | 89 |
| 3 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 4 | 72 | 69 | 80 | 81 | 85 | 87 | 89 | 89 |
| 5 | 71 | 69 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 6 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 7 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 8 | 72 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 9 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 10 | 71 | 68 | 82 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| Rerata | 71,2 | 68,2 | 80,2 | 81 | 85 | 87,1 | 88,1 | 88,9 |

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 250 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 88 |
| 2 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 88 | 88 | 89 |
| 3 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 4 | 72 | 69 | 80 | 81 | 85 | 87 | 89 | 89 |
| 5 | 71 | 69 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 6 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 7 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 8 | 72 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 9 | 71 | 68 | 80 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| 10 | 71 | 68 | 82 | 81 | 85 | 87 | 88 | 89 |
| Rerata | 71,2 | 68,2 | 80,2 | 81 | 85 | 87,1 | 88,1 | 88,9 |

Persamaan sensitivitas pengukuran:

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$e_o = m \cdot e_i + b$$

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 250 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -1,7 | 0,1 | -119 | 7 |
| 80 | 6.400 | -6,2 | -6,5 | -496 | -520 |
| 90 | 8.100 | -10,2 | -11 | -918 | -990 |
| 100 | 10.000 | -19 | -19 | -1.900 | -1.900 |
| 340 | 29.400 | -37,1 | -36,4 | -3.433 | -3.403 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-3.433 dB^2) - (340 dB)(-37,1 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.118 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,559$$

$$b = \frac{(37,1 dB)(29.400 dB^2) - (-3.433 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{76.480 dB^3}{2.000 dB^2} = 38,24 dB$$

$$e_o = -0,559 \cdot e_i + (38,24 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-3.403 dB^2) - (340 dB)(-36,4 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.236 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,618$$

$$b = \frac{(-36,4 dB)(29.400 dB^2) - (-3.403 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{86.860 dB^3}{2.000 dB^2} = 43,43 dB$$

$$e_o = -0,618 \cdot e_i + (43,43 dB)$$

b. Smartphone iPhone 6s Plus

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 250 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | -1,49 | 0,42 | -104,3 | 29,4 |
| 80 | 6.400 | 1,21 | 0,21 | 96,8 | 16,8 |
| 90 | 8.100 | -1,72 | 0,72 | -154,8 | 64,8 |
| 100 | 10.000 | -0,74 | -0,71 | -74 | -71 |
| 340 | 29.400 | -2,74 | 0,64 | -236,3 | 40 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-263,3 dB^2) - (340 dB)(-2,74 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-121,6 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,06$$

$$b = \frac{(-2,74 dB)(29.400 dB^2) - (2.363,3 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-214 dB^3}{2.000 dB^2} = -0,107 dB$$

$$e_o = -0,06 \cdot e_i + (-0,107 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(40 dB^2) - (340 dB)(0,64 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-57,6 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,028$$

$$b = \frac{(0,64 dB)(29.400 dB^2) - (40 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{5.216 dB^3}{2.000 dB^2} = 2,608 dB$$

$$e_o = -0,028 \cdot e_i + (2,608 dB)$$

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 250 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | 0,8 | 0,7 | 56 | 49 |
| 80 | 6.400 | -0,8 | 0,2 | -64 | 16 |
| 90 | 8.100 | -3 | -2,7 | -270 | -243 |
| 100 | 10.000 | -15,8 | -16 | -1.580 | -1.600 |
| 340 | 29.400 | -18,8 | -17,8 | -1.858 | -1.778 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.858 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-18,8 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-1.040 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,52$$

$$b = \frac{(-18,8 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (1.858 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{79.000 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 39,5 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,52 \cdot e_i + (39,5 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.778 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-17,8 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-1.060 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}} = -0,53$$

$$b = \frac{(-17,8 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-1.778 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{81.200 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 40,6 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,53 \cdot e_i + (40,6 \text{ dB})$$

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 250 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | 1,2 | -1,8 | 84 | -126 |
| 80 | 6.400 | 0,2 | 1 | 16 | 80 |
| 90 | 8.100 | -5 | -2,9 | -450 | -261 |
| 100 | 10.000 | -11,9 | -11,1 | -1.190 | -1.110 |
| 340 | 29.400 | -15,5 | -14,8 | -1.540 | -1.417 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.540 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-15,5 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-890 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,445$$

$$b = \frac{(-15,5 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (1.540 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{67.900 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 33,95 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,445 \cdot e_i + (33,95 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.417 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-14,8 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-636 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,318$$

$$b = \frac{(-14,8 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-1.417 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{46.660 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 23,33 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,318 \cdot e_i + (23,33 \text{ dB})$$

e. Smartphone Vivo Y30

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 250 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 3,9 | 0,1 | 273 | 7 |
| 80 | 6.400 | 0,2 | -1,3 | 16 | -104 |
| 90 | 8.100 | -10 | -8,7 | -900 | -783 |
| 100 | 10.000 | -15 | -17,9 | -1.500 | -1.790 |
| 340 | 29.400 | -20,9 | -27,8 | -2.111 | -2.670 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.111 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-20,9 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-1.338 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,669$$

$$b = \frac{(-20,9 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.111 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{103.280 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 51,64 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,669 \cdot e_i + (51,64 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-2.670 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-27,8 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-1.228 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,614$$

$$b = \frac{(-27,8 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.670 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{90.480 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 45,24 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,614 \cdot e_i + (45,24 \text{ dB})$$

3. Frekuensi 500 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 500 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 68 | 69 | 73 | 74 | 81 | 79 | 81 | 81 |
| 2 | 68 | 70 | 73 | 74 | 81 | 79 | 81 | 81 |
| 3 | 68 | 69 | 73 | 74 | 81 | 79 | 81 | 81 |
| 4 | 68 | 69 | 73 | 74 | 82 | 79 | 81 | 81 |
| 5 | 67 | 68 | 73 | 74 | 82 | 79 | 81 | 80 |
| 6 | 68 | 69 | 73 | 74 | 82 | 79 | 81 | 81 |
| 7 | 68 | 69 | 73 | 74 | 82 | 79 | 81 | 81 |
| 8 | 68 | 70 | 73 | 74 | 82 | 79 | 81 | 81 |
| 9 | 67 | 69 | 73 | 74 | 82 | 78 | 81 | 81 |
| 10 | 68 | 69 | 73 | 75 | 83 | 78 | 81 | 81 |
| Rerata | 67,8 | 69,1 | 73 | 74,1 | 81,8 | 78,8 | 81 | 80,9 |

b. *Smartphone* iPhone 6s Plus

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 500 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 70,4 | 71,4 | 81,2 | 80,1 | 89,7 | 92,2 | 103,4 | 103,0 |
| 2 | 70,5 | 71,6 | 80,5 | 81,3 | 90,3 | 92,3 | 103,3 | 103,2 |
| 3 | 70,5 | 71,2 | 81,5 | 81,2 | 90,1 | 92,1 | 102,1 | 103,2 |
| 4 | 70,4 | 71,3 | 81,5 | 80,8 | 89,1 | 92,1 | 102,2 | 103,5 |
| 5 | 70,8 | 71,4 | 82,0 | 81,1 | 90,3 | 92,4 | 102,6 | 103,2 |
| 6 | 70,4 | 70,7 | 82,1 | 81,1 | 89,7 | 92,5 | 102,3 | 102,5 |
| 7 | 70,5 | 70,8 | 81,2 | 81,0 | 90,5 | 92,4 | 102,4 | 103,0 |
| 8 | 70,5 | 71,1 | 81,7 | 81,1 | 89,9 | 92,5 | 102,8 | 103,2 |
| 9 | 70,4 | 71,2 | 81,6 | 81,2 | 88,9 | 92,3 | 102,8 | 103,1 |
| 10 | 69,9 | 70,3 | 82,1 | 81,0 | 91,0 | 92,1 | 103,2 | 103,2 |
| Rerata | 70,43 | 71,1 | 81,54 | 80,99 | 89,95 | 92,29 | 102,71 | 103,11 |

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 500 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> (dB) | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 69 | 68 | 76 | 77 | 87 | 86 | 85 | 84 |
| 2 | 69 | 68 | 76 | 77 | 87 | 87 | 85 | 84 |
| 3 | 69 | 68 | 77 | 76 | 87 | 87 | 85 | 84 |
| 4 | 69 | 68 | 76 | 77 | 87 | 87 | 85 | 84 |
| 5 | 69 | 69 | 76 | 76 | 86 | 86 | 85 | 85 |
| 6 | 69 | 68 | 76 | 76 | 87 | 86 | 85 | 85 |
| 7 | 69 | 68 | 76 | 76 | 87 | 87 | 85 | 85 |
| 8 | 69 | 68 | 76 | 78 | 87 | 87 | 85 | 85 |
| 9 | 68 | 69 | 76 | 78 | 87 | 86 | 85 | 85 |
| 10 | 68 | 69 | 75 | 78 | 87 | 87 | 85 | 85 |
| Rerata | 68,8 | 68,3 | 76 | 76,9 | 86,9 | 86,6 | 85 | 84,6 |

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 500 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71 | 72 | 79 | 82 | 88 | 88 | 88 | 89 |
| 2 | 71 | 72 | 79 | 82 | 88 | 88 | 88 | 88 |
| 3 | 71 | 73 | 79 | 82 | 87 | 88 | 88 | 89 |
| 4 | 71 | 72 | 79 | 82 | 87 | 88 | 88 | 89 |
| 5 | 71 | 73 | 78 | 82 | 87 | 88 | 88 | 89 |
| 6 | 71 | 72 | 78 | 82 | 87 | 88 | 89 | 88 |
| 7 | 71 | 73 | 78 | 82 | 87 | 88 | 89 | 89 |
| 8 | 71 | 73 | 78 | 82 | 87 | 88 | 89 | 88 |
| 9 | 71 | 73 | 79 | 82 | 87 | 88 | 89 | 88 |
| 10 | 71 | 73 | 79 | 82 | 86 | 88 | 89 | 88 |
| Rerata | 71 | 72,6 | 78,6 | 82 | 87,1 | 88 | 88,5 | 88,5 |

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 500 H

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 72 | 73 | 78 | 82 | 78 | 83 | 88 | 88 |
| 2 | 72 | 73 | 78 | 82 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 3 | 72 | 73 | 78 | 82 | 78 | 83 | 88 | 88 |
| 4 | 72 | 73 | 78 | 82 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 5 | 72 | 73 | 78 | 80 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 6 | 72 | 73 | 78 | 80 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 7 | 73 | 73 | 78 | 80 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 8 | 72 | 73 | 78 | 80 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 9 | 72 | 73 | 78 | 80 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| 10 | 72 | 73 | 79 | 80 | 80 | 83 | 88 | 88 |
| Rerata | 72,1 | 73 | 78,1 | 80,8 | 79,6 | 83 | 88 | 88 |

Persamaan sensitivitas pengukuran:

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$e_o = m \cdot e_i + b$$

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 500 Hz

| $L_{P\ sumber}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -2,2 | -0,9 | -154 | -63 |
| 80 | 6.400 | -7 | -5,9 | -560 | -472 |
| 90 | 8.100 | -8,2 | -11,2 | -738 | -1.008 |
| 100 | 10.000 | -19 | -19,1 | -1.900 | -1.910 |
| 340 | 29.400 | -36,4 | -37,1 | -3.352 | -3.453 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-3.352 dB^2) - (340 dB)(-36,4 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.032 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,516$$

$$b = \frac{-36,4.(29.400 dB^2) - (-3.352 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{69.520 dB^3}{2.000 dB^2} = 34,76 dB$$

$$e_o = -0,516 \cdot e_i + (34,76 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-3.453 dB^2) - (340 dB)(-37,1 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.198 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,599$$

$$b = \frac{(-37,1 dB).(29.400 dB^2) - (-3.453 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{83.280 dB^3}{2.000 dB^2} = 41,64 dB$$

$$e_o = -0,599 \cdot e_i + (41,64 dB)$$

b. Smartphone Iphone 6s Plus

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 500 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB] ² | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB] ² | Turun [dB] ² |
| 70 | 4.900 | 0,43 | 1,1 | 30,1 | 77 |
| 80 | 6.400 | 1,54 | 0,99 | 123,2 | 79,2 |
| 90 | 8.100 | -0,05 | 2,29 | -4,5 | 206,1 |
| 100 | 10.000 | 2,71 | 3,11 | 271 | 311 |
| 340 | 29.400 | 4,63 | 7,49 | 419,8 | 673,3 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(419,8 dB^2) - (340 dB)(4,63 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{105 dB^2}{2.000 dB^2} = 0,052$$

$$b = \frac{(4,63 dB).(29.400 dB^2) - (419,8 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-6.610 dB^3}{2.000 dB^2} = -3,305 dB$$

$$e_o = 0,052 \cdot e_i + (-3,305 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(673,3 dB^2) - (340 dB)(7,49 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{146,6 dB^2}{2.000 dB^2} = 0,073$$

$$b = \frac{(7,49 dB).(29.400 dB^2) - (673,3 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-8.716 dB^3}{2.000 dB^2} = -4,358 dB$$

$$e_o = 0,073 \cdot e_i + (-4,358 dB)$$

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 500 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -1,2 | -1,7 | -84 | -119 |
| 80 | 6.400 | -4 | -3,1 | -320 | -248 |
| 90 | 8.100 | -3,1 | -3,4 | -279 | -306 |
| 100 | 10.000 | -15 | -15,4 | -1.500 | -1.540 |
| 340 | 29.400 | -23,3 | -23,6 | -2.183 | -2.213 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.183 dB^2) - (340 dB)(-23,3 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-810 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,405$$

$$b = \frac{(-23,3 dB)(29.400 dB^2) - (-2.183 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{57.200 dB^3}{2.000 dB^2} = 28,6 dB$$

$$e_o = -0,405 \cdot e_i + (28,6 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-2.213 dB^2) - (340 dB)(-23,6 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-828 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,414$$

$$b = \frac{(-23,6 dB)(29.400 dB^2) - (-2.213 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{58.580 dB^3}{2.000 dB^2} = 29,29 dB$$

$$e_o = -0,414 \cdot e_i + (29,29 dB)$$

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 500 H

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 1 | 2,6 | 70 | 182 |
| 80 | 6.400 | -1,4 | 2 | -112 | 160 |
| 90 | 8.100 | -2,9 | -2 | -261 | -180 |
| 100 | 10.000 | -11,5 | -11,5 | -1.150 | -1.150 |
| 340 | 29.400 | -14,8 | -8,9 | -1.453 | -988 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.453 dB^2) - (340 dB)(-14,8 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-780 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,39$$

$$b = \frac{(-14,8 dB)(29.400 dB^2) - (1.453 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{58.900 dB^3}{2.000 dB^2} = 29,45 dB$$

$$e_o = -0,39 \cdot e_i + (29,45 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-988 dB^2) - (340 dB)(-8,9 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-926 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,463$$

$$b = \frac{(-8,9 dB)(29.400 dB^2) - (-988 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{74.260 dB^3}{2.000 dB^2} = 37,13 dB$$

$$e_o = -0,463 \cdot e_i + (37,13 dB)$$

e. Smartphone Vivo Y30

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 500 H

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 2,1 | 3 | 147 | 210 |
| 80 | 6.400 | -1,9 | 0,8 | -152 | 64 |
| 90 | 8.100 | -10,4 | -7 | -936 | -630 |
| 100 | 10.000 | -12 | -12 | -1.200 | -1.200 |
| 340 | 29.400 | -22,2 | -15,2 | -2.141 | -1.556 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.141 dB^2) - (340 dB)(-22,2 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.016 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,508$$

$$b = \frac{(-22,2 dB)(29.400 dB^2) - (-2.141 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{75.260 dB^3}{2.000 dB^2} = 37,63 dB$$

$$e_o = -0,5089 \cdot e_i + (37,63 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.556 dB^2) - (340 dB)(-15,2 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.056 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,528$$

$$b = \frac{(-15,2 dB)(29.400 dB^2) - (-1.556 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{82.160 dB^3}{2.000 dB^2} = 41,08 dB$$

$$e_o = -0,528 \cdot e_i + (41,08 dB)$$

4. Frekuensi 1.000 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 1.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 62 | 62 | 71 | 71 | 76 | 75 | 77 | 76 |
| 2 | 62 | 62 | 72 | 71 | 75 | 75 | 77 | 77 |
| 3 | 62 | 62 | 72 | 71 | 75 | 74 | 76 | 77 |
| 4 | 62 | 62 | 72 | 71 | 75 | 74 | 76 | 77 |
| 5 | 63 | 62 | 72 | 71 | 75 | 74 | 77 | 77 |
| 6 | 63 | 62 | 72 | 70 | 75 | 74 | 77 | 76 |
| 7 | 62 | 62 | 72 | 71 | 75 | 74 | 76 | 77 |
| 8 | 62 | 62 | 71 | 71 | 75 | 74 | 76 | 77 |
| 9 | 62 | 63 | 72 | 71 | 75 | 74 | 77 | 76 |
| 10 | 62 | 63 | 72 | 71 | 75 | 74 | 77 | 77 |
| Rerata | 62,2 | 62,2 | 71,8 | 70,9 | 75,1 | 74,2 | 76,6 | 76,7 |

b. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 1.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71,0 | 71,3 | 81,6 | 81,9 | 91,3 | 89,8 | 99,0 | 99,4 |
| 2 | 71,2 | 71,3 | 81,5 | 81,9 | 91,3 | 89,0 | 99,1 | 99,0 |
| 3 | 71,2 | 71,3 | 81,5 | 81,7 | 91,5 | 89,0 | 99,4 | 98,9 |
| 4 | 71,3 | 71,2 | 81,6 | 81,8 | 91,5 | 89,4 | 99,5 | 98,9 |
| 5 | 71,3 | 71,3 | 81,6 | 81,8 | 91,5 | 89,2 | 99,5 | 99,0 |
| 6 | 71,2 | 71,3 | 81,6 | 81,8 | 91,6 | 89,3 | 99,4 | 99,1 |
| 7 | 70,9 | 71,3 | 81,7 | 81,9 | 91,3 | 89,6 | 99,3 | 99,2 |
| 8 | 70,8 | 71,4 | 81,4 | 82,0 | 91,4 | 89,5 | 99,4 | 99,2 |
| 9 | 70,8 | 71,4 | 81,2 | 81,9 | 91,2 | 89,5 | 99,3 | 99,1 |
| 10 | 70,8 | 71,4 | 81,0 | 81,9 | 91,1 | 89,4 | 99,4 | 99,1 |
| Rerata | 71,05 | 71,32 | 81,47 | 81,86 | 91,37 | 89,37 | 99,33 | 99,09 |

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 1.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 68 | 69 | 75 | 76 | 83 | 84 | 85 | 85 |
| 2 | 68 | 68 | 75 | 76 | 83 | 85 | 85 | 85 |
| 3 | 68 | 66 | 76 | 75 | 83 | 85 | 85 | 85 |
| 4 | 68 | 67 | 76 | 75 | 84 | 85 | 85 | 85 |
| 5 | 68 | 67 | 77 | 75 | 83 | 85 | 85 | 85 |
| 6 | 69 | 67 | 76 | 75 | 83 | 85 | 85 | 85 |
| 7 | 71 | 67 | 75 | 75 | 83 | 84 | 85 | 85 |
| 8 | 70 | 68 | 75 | 75 | 83 | 85 | 86 | 85 |
| 9 | 70 | 69 | 75 | 75 | 83 | 85 | 86 | 85 |
| 10 | 71 | 67 | 76 | 75 | 84 | 85 | 86 | 85 |
| Rerata | 69,1 | 67,5 | 75,6 | 75,2 | 83,2 | 84,8 | 85,3 | 85 |

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 1.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71 | 73 | 82 | 80 | 87 | 88 | 88 | 89 |
| 2 | 71 | 73 | 82 | 80 | 87 | 88 | 87 | 89 |
| 3 | 72 | 73 | 82 | 81 | 87 | 87 | 87 | 88 |
| 4 | 72 | 73 | 81 | 81 | 87 | 88 | 87 | 88 |
| 5 | 72 | 74 | 81 | 80 | 87 | 87 | 87 | 88 |
| 6 | 72 | 74 | 81 | 80 | 87 | 87 | 88 | 88 |
| 7 | 72 | 73 | 81 | 80 | 87 | 87 | 87 | 88 |
| 8 | 71 | 72 | 82 | 80 | 87 | 87 | 87 | 88 |
| 9 | 71 | 73 | 81 | 80 | 87 | 87 | 87 | 88 |
| 10 | 71 | 74 | 82 | 80 | 87 | 87 | 88 | 88 |
| Rerata | 71,5 | 73,2 | 81,5 | 80,2 | 87 | 87,3 | 87,3 | 88,2 |

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 1.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 74 | 74 | 78 | 77 | 79 | 82 | 87 | 87 |
| 2 | 75 | 76 | 78 | 77 | 79 | 81 | 88 | 87 |
| 3 | 74 | 74 | 79 | 77 | 79 | 81 | 87 | 87 |
| 4 | 74 | 73 | 81 | 77 | 79 | 81 | 87 | 88 |
| 5 | 74 | 75 | 81 | 77 | 79 | 81 | 87 | 87 |
| 6 | 74 | 74 | 80 | 77 | 79 | 81 | 87 | 87 |
| 7 | 75 | 74 | 81 | 77 | 79 | 82 | 87 | 88 |
| 8 | 74 | 74 | 81 | 77 | 79 | 82 | 87 | 88 |
| 9 | 75 | 75 | 81 | 77 | 79 | 82 | 88 | 88 |
| 10 | 75 | 74 | 81 | 77 | 79 | 82 | 88 | 88 |
| Rerata | 74,4 | 74,3 | 80,1 | 77 | 79 | 81,5 | 87,3 | 87,5 |

Persamaan sensitivitas pengukuran:

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$e_o = m \cdot e_i + b$$

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 1.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -7,8 | -7,8 | -546 | -546 |
| 80 | 6.400 | -8,2 | -9,1 | -656 | -728 |
| 90 | 8.100 | -14,9 | -15,8 | -1.341 | -1.422 |
| 100 | 10.000 | -23,4 | -23,3 | -2.340 | -2.330 |
| 340 | 29.400 | -54,3 | -56 | -4.883 | -5.026 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-4.883 dB^2) - (340 dB)(-54,3 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.070 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,535$$

$$b = \frac{(-54,3 dB)(29.400 dB^2) - (-4.883 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{63.800 dB^3}{2.000 dB^2} = 31,9 dB$$

$$e_o = -0,535 \cdot e_i + (31,9 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-5.026 dB^2) - (340 dB)(-56 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.064 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,532$$

$$b = \frac{(-56 dB)(29.400 dB^2) - (-5.026 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{62.440 dB^3}{2.000 dB^2} = 31,22 dB$$

$$e_o = -0,532 \cdot e_i + (31,22 dB)$$

b. Smartphone Iphone 6s Plus

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 1.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 1,05 | 1,32 | 73,5 | 92,4 |
| 80 | 6.400 | 1,47 | 1,86 | 117,6 | 148,8 |
| 90 | 8.100 | 1,37 | -0,63 | 123,3 | -56,7 |
| 100 | 10.000 | -0,67 | -0,91 | -67 | -91 |
| 340 | 29.400 | 3,22 | 1,64 | 247,4 | 93,5 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(247,4 dB^2) - (340 dB)(3,22 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-105,2 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,052$$

$$b = \frac{(3,22 dB)(29.400 dB^2) - (247,4 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{10.552 dB^3}{2.000 dB^2} = 5,276 dB$$

$$e_o = -0,052 \cdot e_i + (5,276 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(93,5 dB^2) - (340 dB)(1,64 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-183,6 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,091$$

$$b = \frac{(1,64 dB)(29.400 dB^2) - (93,5 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{16.426 dB^3}{2.000 dB^2} = 8,213 dB$$

$$e_o = -0,091 \cdot e_i + (8,213 dB)$$

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 1.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -0,9 | -2,5 | -63 | -175 |
| 80 | 6.400 | -4,4 | -4,8 | -352 | -384 |
| 90 | 8.100 | -6,8 | -5,2 | -612 | -468 |
| 100 | 10.000 | -14,7 | -15 | -1.470 | -1.500 |
| 340 | 29.400 | -26,8 | -27,5 | -2.497 | -2.527 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.497 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-26,8 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-876 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,438$$

$$b = \frac{(-26,8 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.497 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{61.060 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 30,53 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,438 \cdot e_i + (30,53 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-2.527 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-27,5 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-758 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,379$$

$$b = \frac{(-27,5 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.527 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{50.680 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 25,34 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,379 \cdot e_i + (25,34 \text{ dB})$$

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 1.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 1,5 | 3,2 | 105 | 224 |
| 80 | 6.400 | 1,5 | 0,2 | 120 | 16 |
| 90 | 8.100 | -3 | -2,7 | -270 | -243 |
| 100 | 10.000 | -12,7 | -11,8 | -1.270 | -1.180 |
| 340 | 29.400 | -12,7 | -11,1 | -1.315 | -1.183 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.315 dB^2) - (340 dB)(-12,7 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-942 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,471$$

$$b = \frac{(-12,7 dB)(29.400 dB^2) - (-1.315 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{73.720 dB^3}{2.000 dB^2} = 36,86 dB$$

$$e_o = -0,471 \cdot e_i + (36,86 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.183 dB^2) - (340 dB)(-11,1 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-958 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,479$$

$$b = \frac{(-11,1 dB)(29.400 dB^2) - (-1.183 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{75.880 dB^3}{2.000 dB^2} = 37,94 dB$$

$$e_o = -0,479 \cdot e_i + (37,94 dB)$$

f. Smartphone Vivo Y30

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 1.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 4,4 | 4,3 | 308 | 301 |
| 80 | 6.400 | 0,1 | -3 | 8 | -240 |
| 90 | 8.100 | -11 | -8,5 | -990 | -765 |
| 100 | 10.000 | -12,7 | -12,5 | -1.270 | -1.250 |
| 340 | 29.400 | -19,2 | -19,7 | -1.944 | -1.954 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.994 dB^2) - (340 dB)(-19,2 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.248 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,624$$

$$b = \frac{(-19,2 dB)(29.400 dB^2) - (-1.994 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{96.480 dB^3}{2.000 dB^2} = 48,24 dB$$

$$e_o = -0,624 \cdot e_i + (48,24 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.954 dB^2) - (340 dB)(-19,7 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.118 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,559$$

$$b = \frac{(-19,7 dB)(29.400 dB^2) - (-1.954 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{85.180 dB^3}{2.000 dB^2} = 42,59 dB$$

$$e_o = -0,559 \cdot e_i + (42,59 dB)$$

5. Frekuensi 2.000 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 2.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 68 | 66 | 73 | 74 | 81 | 82 | 81 | 80 |
| 2 | 68 | 66 | 72 | 74 | 81 | 82 | 81 | 80 |
| 3 | 67 | 67 | 73 | 74 | 81 | 82 | 81 | 80 |
| 4 | 67 | 66 | 73 | 74 | 81 | 82 | 80 | 80 |
| 5 | 67 | 66 | 73 | 74 | 81 | 82 | 80 | 80 |
| 6 | 66 | 66 | 73 | 74 | 81 | 82 | 81 | 80 |
| 7 | 67 | 67 | 73 | 74 | 81 | 82 | 81 | 80 |
| 8 | 67 | 67 | 73 | 74 | 82 | 82 | 81 | 80 |
| 9 | 67 | 66 | 73 | 74 | 82 | 82 | 80 | 80 |
| 10 | 67 | 66 | 73 | 75 | 82 | 82 | 80 | 80 |
| Rerata | 67,1 | 66,3 | 72,9 | 74,1 | 81,2 | 82 | 80,6 | 80 |

b. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 2.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71,7 | 71,8 | 82,9 | 83,1 | 91,3 | 92,0 | 99,9 | 99,9 |
| 2 | 71,7 | 71,6 | 83,0 | 82,7 | 91,3 | 91,8 | 100,0 | 100,0 |
| 3 | 71,2 | 71,7 | 82,8 | 82,9 | 91,5 | 91,7 | 99,9 | 99,9 |
| 4 | 71,8 | 71,3 | 82,9 | 83,4 | 91,5 | 91,5 | 99,9 | 99,9 |
| 5 | 71,1 | 71,5 | 83,0 | 83,5 | 91,5 | 91,5 | 99,8 | 99,8 |
| 6 | 71,2 | 71,9 | 82,9 | 83,5 | 91,6 | 91,7 | 99,8 | 99,8 |
| 7 | 72,2 | 71,8 | 83,3 | 83,1 | 91,3 | 92,0 | 100,1 | 100,1 |
| 8 | 71,7 | 72,0 | 83,4 | 83,1 | 91,4 | 92,1 | 99,8 | 99,8 |
| 9 | 71,7 | 72,0 | 83,4 | 83,2 | 91,2 | 92,2 | 99,8 | 99,8 |
| 10 | 71,7 | 71,9 | 83,4 | 83,3 | 91,1 | 92,1 | 99,9 | 99,9 |
| Rerata | 71,6 | 71,75 | 83,1 | 83,18 | 91,37 | 91,86 | 99,89 | 99,89 |

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 2.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 67 | 67 | 75 | 73 | 83 | 84 | 85 | 85 |
| 2 | 67 | 67 | 75 | 74 | 84 | 83 | 85 | 85 |
| 3 | 67 | 68 | 75 | 74 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 4 | 67 | 67 | 74 | 73 | 83 | 83 | 85 | 84 |
| 5 | 67 | 67 | 75 | 73 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 6 | 67 | 67 | 74 | 73 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 7 | 67 | 67 | 74 | 73 | 83 | 83 | 86 | 85 |
| 8 | 67 | 67 | 74 | 74 | 83 | 83 | 86 | 85 |
| 9 | 67 | 67 | 74 | 74 | 83 | 83 | 86 | 85 |
| 10 | 67 | 67 | 75 | 74 | 84 | 84 | 86 | 84 |
| Rerata | 67 | 67,1 | 74,5 | 73,5 | 83,2 | 83,2 | 85,4 | 84,8 |

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 2.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 70 | 70 | 80 | 79 | 87 | 87 | 88 | 89 |
| 2 | 70 | 70 | 80 | 79 | 88 | 86 | 88 | 89 |
| 3 | 70 | 70 | 80 | 79 | 87 | 86 | 87 | 88 |
| 4 | 70 | 70 | 80 | 79 | 87 | 86 | 88 | 88 |
| 5 | 70 | 70 | 80 | 79 | 87 | 85 | 88 | 88 |
| 6 | 70 | 70 | 80 | 79 | 86 | 86 | 88 | 88 |
| 7 | 70 | 70 | 80 | 79 | 87 | 85 | 88 | 88 |
| 8 | 71 | 70 | 80 | 79 | 86 | 86 | 88 | 88 |
| 9 | 71 | 71 | 80 | 80 | 86 | 85 | 88 | 88 |
| 10 | 71 | 71 | 81 | 79 | 86 | 86 | 87 | 88 |
| Rerata | 70,3 | 70,2 | 80,1 | 79,1 | 86,7 | 85,8 | 87,8 | 88,2 |

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 2.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 71 | 71 | 76 | 77 | 79 | 78 | 86 | 87 |
| 2 | 72 | 71 | 76 | 77 | 78 | 77 | 86 | 86 |
| 3 | 71 | 70 | 76 | 78 | 78 | 78 | 85 | 87 |
| 4 | 71 | 71 | 77 | 77 | 78 | 77 | 86 | 86 |
| 5 | 72 | 70 | 76 | 77 | 78 | 77 | 85 | 86 |
| 6 | 72 | 71 | 76 | 77 | 78 | 77 | 86 | 86 |
| 7 | 72 | 72 | 77 | 77 | 78 | 78 | 86 | 86 |
| 8 | 72 | 71 | 77 | 78 | 78 | 77 | 87 | 86 |
| 9 | 72 | 70 | 76 | 78 | 78 | 78 | 86 | 86 |
| 10 | 72 | 71 | 76 | 78 | 79 | 77 | 87 | 86 |
| Rerata | 71,7 | 70,8 | 76,3 | 77,4 | 78,2 | 77,4 | 86 | 86,2 |

Persamaan sensitivitas pengukuran:

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$e_o = m \cdot e_i + b$$

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 2.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -2,9 | -3,7 | -203 | -259 |
| 80 | 6.400 | -7,1 | -5,9 | -568 | -472 |
| 90 | 8.100 | -8,7 | -8 | -783 | -720 |
| 100 | 10.000 | -19,4 | -20 | -1.940 | -2.000 |
| 340 | 29.400 | -38,1 | -37,6 | -3.494 | -3.451 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-3.494 dB^2) - (340 dB)(-38,1 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.022 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,511$$

$$b = \frac{(-38,1 dB)(29.400 dB^2) - (-3.494 dB)^2 \cdot (340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{67.820 dB^3}{2.000 dB^2} = 33,91 dB$$

$$e_o = -0,511 \cdot e_i + (33,91 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-3.451 dB^2) - (340 dB)(-37,6 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.020 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,51$$

$$b = \frac{(-37,6 dB)(29.400 dB^2) - (-3.451 dB)^2 \cdot (340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{67.900 dB^3}{2.000 dB^2} = 33,95 dB$$

$$e_o = -0,51 \cdot e_i + (33,95 dB)$$

e. Smartphone iPhone 6s Plus

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 2.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 1,6 | 1,75 | 112 | 122,5 |
| 80 | 6.400 | 3,1 | 3,18 | 248 | 254,4 |
| 90 | 8.100 | 1,37 | 1,86 | 123,3 | 167,4 |
| 100 | 10.000 | -0,11 | -0,11 | -11 | -11 |
| 340 | 29.400 | 5,96 | 6,68 | 472,3 | 533,3 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(472,3 dB^2) - (340 dB)(5,96 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-137,2 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,068$$

$$b = \frac{(5,96 dB)(29.400 dB^2) - (472,3 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{14.642 dB^3}{2.000 dB^2} = 7,321 dB$$

$$e_o = -0,068 \cdot e_i + (7,321 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(533,3 dB^2) - (340 dB)(6,68 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-138 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,069$$

$$b = \frac{(6,68 dB)(29.400 dB^2) - (533,3 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{15.070 dB^3}{2.000 dB^2} = 7,535 dB$$

$$e_o = -0,091 \cdot e_i + (8,213 dB)$$

f. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 2.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -3 | -2,9 | -210 | -203 |
| 80 | 6.400 | -5,5 | -6,5 | -440 | -520 |
| 90 | 8.100 | -6,8 | -6,8 | -612 | -612 |
| 100 | 10.000 | -14,6 | -15,2 | -1.460 | -1.520 |
| 340 | 29.400 | -29,9 | -31,4 | -2.722 | -2.855 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.722 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-29,9 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-722 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,361$$

$$b = \frac{(-29,9 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.722 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{46.420 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 23,21 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,438 \cdot e_i + (30,53 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-2.855 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-31,44 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-744 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,372$$

$$b = \frac{(-31,4 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.855 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{47.540 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 23,77 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,372 \cdot e_i + (23,77 \text{ dB})$$

g. *Smartphone* Realme C11

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan Realme C11 *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 2.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 0,3 | 0,2 | 21 | 14 |
| 80 | 6.400 | 0,1 | -0,9 | 8 | -72 |
| 90 | 8.100 | -3,3 | -4,2 | -297 | -378 |
| 100 | 10.000 | -12,2 | -11,8 | -1.220 | -1.180 |
| 340 | 29.400 | -15,1 | -16,7 | -1.488 | -1.616 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.488 dB^2) - (340 dB)(-15,1 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-818 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,409$$

$$b = \frac{(-15,1 dB)(29.400 dB^2) - (-1.488 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{61.980 dB^3}{2.000 dB^2} = 30,99 dB$$

$$e_o = -0,409 \cdot e_i + (30,99 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.616 dB^2) - (340 dB)(-16,7 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-786 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,393$$

$$b = \frac{(-16,7 dB)(29.400 dB^2) - (-1.616 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{58.460 dB^3}{2.000 dB^2} = 29,23 dB$$

$$e_o = -0,393 \cdot e_i + (29,23 dB)$$

h. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 2.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 1,7 | 0,8 | 119 | 56 |
| 80 | 6.400 | -3,7 | -2,6 | -296 | -208 |
| 90 | 8.100 | -11,8 | -12,6 | -1.062 | -1.134 |
| 100 | 10.000 | -14 | -13,8 | -1.400 | -1.380 |
| 340 | 29.400 | -27,8 | -28,2 | -2.639 | -2.666 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.634 dB^2) - (340 dB)(-27,8 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.104 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,552$$

$$b = \frac{(-27,8 dB)(29.400 dB^2) - (-2.639 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{79.940 dB^3}{2.000 dB^2} = 39,97 dB$$

$$e_o = -0,552 \cdot e_i + (39,97 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-2.666 dB^2) - (340 dB)(-28,2 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.076 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,538$$

$$b = \frac{(-28,2 dB)(29.400 dB^2) - (-2.666 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{73.360 dB^3}{2.000 dB^2} = 38,68 dB$$

$$e_o = -0,559 \cdot e_i + (42,59 dB)$$

6. Frekuensi 4.000 Hz

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 4.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 61 | 62 | 69 | 69 | 79 | 78 | 77 | 77 |
| 2 | 62 | 62 | 68 | 69 | 79 | 78 | 77 | 77 |
| 3 | 61 | 62 | 69 | 70 | 79 | 78 | 77 | 77 |
| 4 | 60 | 62 | 68 | 70 | 79 | 77 | 77 | 76 |
| 5 | 60 | 61 | 69 | 69 | 79 | 77 | 77 | 77 |
| 6 | 61 | 61 | 69 | 69 | 79 | 77 | 77 | 76 |
| 7 | 60 | 62 | 69 | 70 | 79 | 77 | 77 | 76 |
| 8 | 60 | 61 | 69 | 69 | 79 | 77 | 77 | 76 |
| 9 | 61 | 61 | 68 | 69 | 79 | 77 | 78 | 76 |
| 10 | 60 | 62 | 69 | 70 | 79 | 77 | 78 | 76 |
| Rerata | 60,6 | 61,6 | 68,7 | 69,4 | 79 | 77,3 | 77,2 | 76,4 |

b. *Smartphone* Iphone 6s Plus

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 4.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 72,5 | 72,5 | 83,6 | 83,6 | 92,5 | 92,5 | 103,5 | 103,7 |
| 2 | 72,5 | 72,5 | 83,5 | 83,5 | 92,6 | 92,7 | 103,5 | 103,7 |
| 3 | 72,5 | 72,4 | 83,6 | 83,5 | 92,6 | 92,8 | 103,5 | 103,8 |
| 4 | 72,4 | 72,5 | 83,8 | 83,4 | 92,6 | 92,6 | 103,5 | 103,7 |
| 5 | 72,4 | 72,7 | 83,8 | 83,8 | 92,6 | 92,6 | 103,5 | 103,7 |
| 6 | 72,4 | 72,7 | 83,6 | 83,8 | 92,5 | 92,7 | 103,9 | 103,7 |
| 7 | 72,4 | 72,4 | 83,8 | 83,7 | 92,5 | 92,6 | 103,8 | 103,7 |
| 8 | 72,5 | 72,2 | 83,8 | 83,7 | 92,8 | 92,6 | 103,5 | 103,8 |
| 9 | 72,7 | 72,3 | 83,4 | 83,5 | 92,6 | 92,7 | 103,5 | 103,8 |
| 10 | 73 | 72,3 | 83,8 | 83,7 | 92,4 | 92,7 | 103,3 | 103,7 |
| Rerata | 73 | 72,444 | 83,67 | 83,62 | 92,563 | 92,65 | 103,55 | 103,73 |

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 4.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 69 | 69 | 78 | 79 | 84 | 86 | 86 | 86 |
| 2 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 86 | 85 | 87 |
| 3 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 86 | 86 | 88 |
| 4 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 86 | 87 | 88 |
| 5 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 86 | 86 | 88 |
| 6 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 86 | 86 | 88 |
| 7 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 85 | 86 | 88 |
| 8 | 68 | 68 | 77 | 79 | 84 | 86 | 86 | 88 |
| 9 | 69 | 69 | 77 | 80 | 84 | 86 | 86 | 88 |
| 10 | 69 | 69 | 77 | 79 | 84 | 85 | 87 | 88 |
| Rerata | 68,9 | 68,9 | 77,1 | 79,1 | 84 | 85,8 | 86,1 | 87,7 |

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 4.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 69 | 71 | 76 | 77 | 83 | 83 | 86 | 85 |
| 2 | 69 | 70 | 76 | 76 | 83 | 84 | 86 | 85 |
| 3 | 69 | 70 | 76 | 77 | 83 | 83 | 86 | 85 |
| 4 | 69 | 69 | 76 | 77 | 83 | 83 | 86 | 85 |
| 5 | 69 | 70 | 77 | 76 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 6 | 69 | 69 | 76 | 77 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 7 | 68 | 69 | 76 | 77 | 83 | 83 | 85 | 86 |
| 8 | 69 | 69 | 76 | 76 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 9 | 69 | 70 | 76 | 77 | 83 | 83 | 85 | 85 |
| 10 | 70 | 69 | 76 | 78 | 84 | 84 | 85 | 86 |
| Rerata | 69 | 69,6 | 76,1 | 76,8 | 83,1 | 83,2 | 85,4 | 85,2 |

e. *Smartphone* Vivo Y30

Tabel pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 4.000 Hz

| NO | Pengukuran <i>SPL</i> [dB] | | | | | | | |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| | 70 | | 80 | | 90 | | 100 | |
| | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun | Naik | Turun |
| 1 | 75 | 76 | 82 | 80 | 83 | 82 | 88 | 88 |
| 2 | 76 | 76 | 81 | 80 | 83 | 82 | 88 | 88 |
| 3 | 76 | 77 | 81 | 80 | 83 | 82 | 88 | 88 |
| 4 | 76 | 77 | 81 | 81 | 82 | 82 | 88 | 88 |
| 5 | 76 | 77 | 81 | 80 | 82 | 83 | 88 | 88 |
| 6 | 76 | 77 | 81 | 80 | 82 | 82 | 88 | 88 |
| 7 | 76 | 77 | 81 | 80 | 82 | 82 | 88 | 88 |
| 8 | 76 | 77 | 82 | 79 | 82 | 82 | 88 | 88 |
| 9 | 76 | 77 | 82 | 80 | 82 | 82 | 88 | 88 |
| 10 | 76 | 76 | 81 | 80 | 82 | 82 | 88 | 88 |
| Rerata | 75,9 | 76,7 | 81,3 | 80 | 82,3 | 82,1 | 88 | 88 |

Persamaan sensitivitas pengukuran:

$$m = \frac{N \cdot \sum e_o \cdot e_i - (\sum e_i)(\sum e_o)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum e_o) \sum e_i^2 - (\sum e_i \cdot e_o)(\sum e_i)}{N \cdot \sum e_i^2 - (\sum e_i)^2}$$

$$e_o = m \cdot e_i + b$$

a. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 9

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Xiaomi Redmi Note 9 dengan frekuensi 4.000 Hz

| <i>L_P sumber</i> [dB] | <i>e_i</i> ² [dB ²] | <i>e_o</i> | | <i>e_i . e_o</i> | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -9,4 | -8,4 | -658 | -588 |
| 80 | 6.400 | -11,3 | -10,6 | -904 | -484 |
| 90 | 8.100 | -11 | -12,7 | -990 | -1.143 |
| 100 | 10.000 | -22,8 | -23,6 | -2.280 | -2.360 |
| 340 | 29.400 | -54,5 | -55,3 | -4.832 | -4.939 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-4.832 dB^2) - (340 dB)(-54,5 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-798 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,399$$

$$b = \frac{(-54,5 dB)(29.400 dB^2) - (-4.832 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{40.580 dB^3}{2.000 dB^2} = 20,29 dB$$

$$e_o = -0,399 \cdot e_i + (20,29 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-4.939 dB^2) - (340 dB)(-55,3 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-954 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,477$$

$$b = \frac{(-55,3 dB)(29.400 dB^2) - (-4.939 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{53.440 dB^3}{2.000 dB^2} = 26,72 dB$$

$$e_o = -0,477 \cdot e_i + (26,72 dB)$$

b. Smartphone Iphone 6s Plus

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* iPhone 6s Plus dengan frekuensi 2.000 Hz

| <i>L_{P sumber}</i> [dB] | <i>e_i</i> ² [dB ²] | <i>e_o</i> | | <i>e_i . e_o</i> | |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 3 | 2.444 | 210 | 171,08 |
| 80 | 6.400 | 3,67 | 3,62 | 293,6 | 289,6 |
| 90 | 8.100 | 2,563 | 2,65 | 230,67 | 238,5 |
| 100 | 10.000 | 3,55 | 3,73 | 355 | 373 |
| 340 | 29.400 | 12,783 | 12,444 | 1.089,27 | 1.072,18 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(1.089,27 dB^2) - (340 dB)(12,783 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{10,86 dB^2}{2.000 dB^2} = 0,005$$

$$b = \frac{(12,783 dB)(29.400 dB^2) - (1.089,27 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{5.468,4 dB^3}{2.000 dB^2} = 2,734 dB$$

$$e_o = 0,005 \cdot e_i + (2,734 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(1.072,18 dB^2) - (340 dB)(12,444 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{57,76 dB^2}{2.000 dB^2} = 0,028$$

$$b = \frac{(12,444 dB)(29.400 dB^2) - (1.072,18 dB^2)^2 \cdot (340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{1.312,4 dB^3}{2.000 dB^2} = 0,656 dB$$

$$e_o = 0,028 \cdot e_i + (0,656 dB)$$

c. *Smartphone* OPPO A1k

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* OPPO A1k dengan frekuensi 4.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -1,1 | -1,1 | -77 | -77 |
| 80 | 6.400 | -3 | -0,9 | -240 | -72 |
| 90 | 8.100 | 6 | -4,2 | -540 | -378 |
| 100 | 10.000 | -13,9 | -12,3 | -1.390 | -1.230 |
| 340 | 29.400 | -24 | -18,5 | -2.247 | 1.757 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.247 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-24 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-828 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,414$$

$$b = \frac{(-24 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-2.247 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{58.380 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 29,19 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,414 \cdot e_i + (29,19 \text{ dB})$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.757 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})(-18,5 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{-738 \text{ dB}^2}{2.000 \text{ dB}^2} = -0,369$$

$$b = \frac{(-18,5 \text{ dB})(29.400 \text{ dB}^2) - (-1.757 \text{ dB}^2)(340 \text{ dB})}{4(29.400 \text{ dB}^2) - (340 \text{ dB})^2} = \frac{53.480 \text{ dB}^3}{2.000 \text{ dB}^2} = 26,74 \text{ dB}$$

$$e_o = -0,369 \cdot e_i + (26,74 \text{ dB})$$

d. *Smartphone* Realme C11

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan Realme C11 *smartphone* Realme C11 dengan frekuensi 4.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | -1 | -0,4 | -70 | -28 |
| 80 | 6.400 | -3,9 | -3,2 | -312 | -256 |
| 90 | 8.100 | -6,9 | -6,8 | -621 | -612 |
| 100 | 10.000 | -14,6 | -14,8 | -1.460 | -1.480 |
| 340 | 29.400 | -26,4 | -25,2 | -2.463 | -2.376 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-2.463 dB^2) - (340 dB)(-26,4 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-876 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,438$$

$$b = \frac{(-26,4 dB)(29.400 dB^2) - (-2.463 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{61.260 dB^3}{2.000 dB^2} = 30,63 dB$$

$$e_o = -0,409 \cdot e_i + (30,99 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-2.376 dB^2) - (340 dB)(-25,2 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-936 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,468$$

$$b = \frac{(-25,2 dB)(29.400 dB^2) - (-2.376 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{66.960 dB^3}{2.000 dB^2} = 33,48 dB$$

$$e_o = -0,393 \cdot e_i + (29,23 dB)$$

e. Smartphone Vivo Y30

Tabel jumlah pengukuran *SPL* menggunakan *smartphone* Vivo Y30 dengan frekuensi 4.000 Hz

| $L_{P\text{ sumber}}$ [dB] | e_i^2 [dB ²] | e_o | | $e_i \cdot e_o$ | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| | | Naik [dB] | Turun [dB] | Naik [dB ²] | Turun [dB ²] |
| 70 | 4.900 | 5,9 | 6,7 | 413 | 469 |
| 80 | 6.400 | 1,3 | 0 | 104 | 0 |
| 90 | 8.100 | -7,7 | -7,9 | -693 | -711 |
| 100 | 10.000 | -12 | -12 | -1.200 | -1.200 |
| 340 | 29.400 | -12,5 | -13,2 | -1.376 | -1.442 |

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* naik:

$$m = \frac{4(-1.376 dB^2) - (340 dB)(-12,5 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.254 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,627$$

$$b = \frac{(-12,5 dB)(29.400 dB^2) - (-1.376 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{100.340 dB^3}{2.000 dB^2} = 50,17 dB$$

$$e_o = -0,627 \cdot e_i + (50,17 dB)$$

Persamaan sensitivitas pengukuran *SPL* turun:

$$m = \frac{4(-1.442 dB^2) - (340 dB)(-13,2 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{-1.280 dB^2}{2.000 dB^2} = -0,64$$

$$b = \frac{(-13,2 dB)(29.400 dB^2) - (-1.442 dB^2)(340 dB)}{4(29.400 dB^2) - (340 dB)^2} = \frac{102.200 dB^3}{2.000 dB^2} = 51,1 dB$$

$$e_o = -0,64 \cdot e_i + (51,1 dB)$$

Analisis waktu dengung akustik (R_T) menggunakan metode *Sabine* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

Tabel permukaan sisi depan ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas |
|----|---------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Kipas angin | Besi | $n \cdot \pi \cdot r^2$ $= 4 \cdot 3,14 \cdot (0,25 \text{ m})^2$ $= 0,784 \text{ m}^2$ |
| 2 | <i>Running text</i> | Kaca | $p \cdot t$ $= 1,3 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}$ $= 0,91 \text{ m}^2$ |
| 3 | AC | Besi | $n \cdot p \cdot t$ $= 3 \cdot 0,7 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m}$ $= 0,63 \text{ m}^2$ |
| 4 | <i>Speaker</i> | Besi | $p \cdot t \cdot 2$ $= 0,5 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 2$ $= 0,2 \text{ m}^2$ |
| 5 | Ventilasi | Kaca | $p \cdot t \cdot n$ $= 0,2 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot 21$ $= 0,84 \text{ m}^2$ |
| 6 | Jam dinding | Kaca | $\pi \cdot r^2$ $= 3,14 \cdot (0,15 \text{ m})^2$ |
| 7 | Pintu Muazin | Kaca | $(p \cdot t)$ $= 0,6 \text{ m} \cdot 1,9 \text{ m}$ $= 1,14 \text{ m}^2$ |
| 8 | Kusen pintu muazin | Besi | $(p \cdot t) - L_{\text{pintu kaca}}$ $= (1,45 \text{ m} \cdot 2,1 \text{ m}) - 1,14 \text{ m}^2$ $= 1,905 \text{ m}^2$ |
| 9 | Mimbar | Karpet | $(l \cdot t) + (p_{\text{atas}} + p_{\text{bawah}}) 0,5 \cdot t$ $= (1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) + (1 \text{ m} + 2,35 \text{ m}) 0,5 \cdot 1 \text{ m}$ $= 2,675 \text{ m}^2$ |
| 10 | Tiang mimbar | Kayu | $l \cdot t \cdot n$ $= 0,65 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 8$ $= 0,156 \text{ m}^2$ |
| 11 | Dinding | Keramik | Ruang imam: $((L_{\text{Sisi samping}}) + (L_{\text{Sisi depan}})) - (L_{\text{AC}} + L_{\text{Pintu}} + L_{\text{mimbar}} + L_{\text{Tiang mimbar}} + L_{\text{kaca}})$ $= ((2,35 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 2) + (3,1 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m})) - (0,21 + 3,045 + 2,675 + 0,156 + 0,28) \text{ m}^2$ $= 16,92 \text{ m}^2 + 11,16 \text{ m}^2 - (6,366 \text{ m}^2)$ $= 21,714 \text{ m}^2$ Sisi depan: $(L_{\text{Sisi samping}}) + (L_{\text{Dinding ke dalam}}) + L_{\text{Dinding ke dalam 2}} + L_{\text{Tengah}} (l_4 \cdot t) - (L_{\text{jam}} + L_{\text{terbuka}})$ $= (2 \cdot 6,2 \text{ m} \cdot 2,25 \text{ m}) + (4 \cdot 0,07 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m})$ |

| | | | |
|----|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | $\begin{aligned} & m) + (2 \cdot 0,34 \text{ m} \cdot 3,6 \text{ m}) + (3,65 \text{ m} \cdot 3,6 \\ & \text{m}) - ((0,07 \text{ m}^2 + (3 \text{ m} \cdot 3,65 \text{ m})) \\ & = 27,9 \text{ m}^2 + 1,008 \text{ m}^2 + 2,448 \text{ m}^2 + \\ & 13,068 \text{ m}^2 - 11,02 \text{ m}^2 \\ & = 33,404 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 12 | Dinding | Bata dicat | $\begin{aligned} & (L_{\text{samping}}) - (L_{\text{running text}}) + (L_{\text{kipas plastik}}) \\ & + (n \cdot L_{AC}) + n \cdot L_{Speaker}) \\ & = (2 \cdot 6,27 \text{ m} \cdot 1,35 \text{ m}) - (0,91 \text{ m}^2 + \\ & 0,784 \text{ m}^2 + (2 \cdot 0,21 \text{ m}^2) + 0,28 \text{ m}^2) \\ & = 16,929 \text{ m}^2 - 2,394 \text{ m}^2 \\ & = 14,535 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |

Tabel permukaan sisi kanan ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas |
|----|-------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Jerjak Jendela | Besi | $\begin{aligned} & (p \cdot l \cdot n) + (l \cdot t \cdot n) \\ & (0,73 \text{ m} \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 24) + (0,02 \text{ m} \cdot 1,41 \\ & \text{m} \cdot 72) \\ & = 0,35 \text{ m}^2 + 2,03 \text{ m}^2 \\ & = 2,38 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 2 | Kusen jendela | Kayu | $\begin{aligned} & (p \cdot l \cdot n) + (l \cdot t \cdot n) \\ & (2,3 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 8) + (0,03 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \\ & \cdot 8) + (0,01 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 8) \\ & = 0,552 \text{ m}^2 + 0,36 \text{ m}^2 + 0,12 \text{ m}^2 \\ & = 1,032 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 3 | Jendela | Kaca | $\begin{aligned} & (p_1 \cdot t_2 \cdot n) - (L_{\text{kayu}} + L_{\text{besi}}) \\ & = (2,3 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 4) - (1,032 \text{ m}^2 + 2,38 \\ & \text{m}^2) \\ & = 13,8 \text{ m}^2 - 3,412 \text{ m}^2 \\ & = 10,388 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 4 | Ventilasi jendela | Kaca | $\begin{aligned} & 1 \cdot t \cdot n \\ & = 0,05 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 72 \\ & = 1,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 5 | Kusen ventilasi jendela | Kayu | $\begin{aligned} & (0,5 (\pi \cdot r^2) n) - L_{\text{kaca}} \\ & = (0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,4 \text{ m})^2 \cdot 12) - 1,08 \text{ m}^2 \\ & = 1,934 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 6 | Ventilasi pintu | Kaca | $\begin{aligned} & 1 \cdot t \cdot n \\ & = 0,05 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 12 \\ & = 0,45 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 7 | Kusen ventilasi pintu | Kayu | $\begin{aligned} & (0,5 (\pi \cdot r^2)) - L_{\text{kaca}} \\ & = (0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,8 \text{ m})^2) - 0,45 \text{ m}^2 \\ & = 0,554 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 8 | Kusen pintu | Kayu | $\begin{aligned} & 1 \cdot t \cdot n + p \cdot l \\ & = 0,05 \text{ m} \cdot 2,15 \text{ m} \cdot 2 + 0,05 \text{ m} \cdot 1,55 \\ & \text{m} \\ & = 0,215 \text{ m}^2 + 0,077 \text{ m}^2 \\ & = 0,292 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |

| | | | |
|----|--------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | Pintu | Kaca | $\begin{aligned} p \cdot t \cdot n \\ = 0,6 \text{ m} \cdot 1,9 \text{ m} \cdot 2 \\ = 2,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 10 | Jerjak pintu | Besi | $\begin{aligned} (p \cdot t) - L_{kaca} \\ = (1,45 \text{ m} \cdot 2,1 \text{ m}) - 2,28 \text{ m}^2 \\ = 0,765 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 11 | AC | Besi | $\begin{aligned} p \cdot t \cdot n \\ = 0,7 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 3 \\ = 0,63 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 12 | Kipas angin | Besi | $\begin{aligned} \pi \cdot r^2 \\ = 3,14 \cdot (0,25 \text{ m})^2 \\ = 0,194 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 13 | Kotak infak | Besi | $\begin{aligned} p \cdot t \\ = 0,6 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} \\ = 0,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 14 | Foto | Kaca | $\begin{aligned} p \cdot t \\ = 0,45 \text{ m} \cdot 0,62 \text{ m} \\ = 0,279 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 15 | Bingkai foto | Kayu | $\begin{aligned} (p \cdot t) - L_{kaca foto} \\ = (0,5 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}) - 0,279 \text{ m}^2 \\ = 0,071 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 17 | Dinding | Keramik | $\begin{aligned} (p \cdot l) - (L_{Jendela} + L_{infak} + L_{Pintu} + L_{Kalender} \\ + L_{foto}) \\ = ((16,8 + 0,14) \text{ m} \cdot 2,25 \text{ m}) - (13,8 \text{ m}^2 \\ + 0,194 \text{ m}^2 + 3,332 \text{ m}^2 + 0,2 \text{ m}^2 + 0,35 \\ \text{m}^2) \\ = 38,115 \text{ m}^2 - 17,876 \text{ m}^2 \\ = 20,239 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 18 | Dinding | Bata dicat | $\begin{aligned} (1 \cdot t) - (L_{Ventilasi pintu} + (n \cdot L_{Ventilasi jendela}) \\ + (n \cdot L_{AC}) + L_{Kipas angin}) \\ = (16,8 \text{ m} \cdot 1,35 \text{ m}) - (1,004 \text{ m}^2) + \\ (3,012 + 0,63 \text{ m}^2 + 0,194 \text{ m}^2) \\ = 22,68 \text{ m}^2 - (4,84 \text{ m}^2) \\ = 17,84 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |

Tabel permukaan sisi belakang ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas |
|----|----------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Jerjak Jendela | Besi | $\begin{aligned} (p \cdot l \cdot n) + (l \cdot t \cdot n) \\ (0,73 \text{ m} \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 22) + (0,02 \text{ m} \cdot 1,41 \\ \text{m} \cdot 66) \\ = 0,321 \text{ m}^2 + 1,861 \text{ m}^2 \\ = 2,182 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |
| 2 | Kusen jendela | Kayu | $\begin{aligned} (n \cdot p_1 \cdot l_1) + (l_1 \cdot t_1 \cdot n) + (l_2 \cdot t_1 \cdot n) \\ = (3,66 \cdot 2,3 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m}) + (0,03 \text{ m} \cdot \\ 1,5 \text{ m} \cdot 7) + (0,01 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 7) \\ = 0,252 \text{ m}^2 + 0,315 \text{ m}^2 + 0,105 \text{ m}^2 \end{aligned}$ |

| | | | |
|----|-------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | $= 0,672 \text{ m}^2$ |
| 3 | Jendela | Kaca | $(p \cdot t) - (L_{\text{kayu}} + L_{\text{besi}})$ $= (8,418 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m}) - (0,672 \text{ m}^2 + 2,182 \text{ m}^2)$ $= 12,627 \text{ m}^2 - 2,854 \text{ m}^2$ $= 9,773 \text{ m}^2$ |
| 4 | Ventilasi jendela | Kaca | $1 \cdot t \cdot n$ $= 0,05 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 72$ $= 1,08 \text{ m}^2$ |
| 5 | Kusen ventilasi jendela | Kayu | $(0,5 (\pi \cdot r^2) n) - L_{\text{kaca}}$ $= (0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,4 \text{ m})^2 \cdot 12) - 1,08 \text{ m}^2$ $= 1,934 \text{ m}^2$ |
| 6 | Ventilasi pintu | Kaca | $1 \cdot t \cdot n$ $= 0,05 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 12$ $= 0,45 \text{ m}^2$ |
| 7 | Kusen ventilasi pintu | Kayu | $(0,5 (\pi \cdot r^2)) - L_{\text{kaca}}$ $= (0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,8 \text{ m})^2) - 0,45 \text{ m}^2$ $= 0,554 \text{ m}^2$ |
| 8 | Kusen pintu | Kayu | $1 \cdot t \cdot n + p \cdot l$ $= 0,05 \text{ m} \cdot 2,15 \text{ m} \cdot 2 + 0,05 \text{ m} \cdot 1,55 \text{ m}$ $= 0,215 \text{ m}^2 + 0,077 \text{ m}^2$ $= 0,292 \text{ m}^2$ |
| 9 | Pintu | Kaca | $p \cdot t \cdot n$ $= 0,6 \text{ m} \cdot 1,9 \text{ m} \cdot 2$ $= 2,28 \text{ m}^2$ |
| 10 | Jerjak pintu | Besi | $(p \cdot t) - L_{\text{kaca}}$ $= (1,55 \text{ m} \cdot 2,15 \text{ m}) - 2,28 \text{ m}^2$ $= 1,052 \text{ m}^2$ |
| 11 | AC | Besi | $p \cdot t \cdot n$ $= 0,7 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 2$ $= 0,42 \text{ m}^2$ |
| 12 | Jam dinding | Kaca | $\pi \cdot r^2$ $= 3,14 \cdot (0,15 \text{ m})^2$ $= 0,07 \text{ m}^2$ |
| 13 | Lemari | Kaca | $p \cdot t \cdot n$ $= 0,52 \text{ m} \cdot 1,52 \text{ m} \cdot 2$ $= 1,58$ |
| 14 | Lemari | Besi | $(p \cdot t) - L_{\text{kaca}}$ $= (1,2 \text{ m} \cdot 1,83 \text{ m}) - 1,58 \text{ m}^2$ $= 0,616 \text{ m}^2$ |
| 15 | Rak | Kaca | $p \cdot t \cdot n$ $= 0,92 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 2$ $= 0,552 \text{ m}^2$ |
| 16 | Rak | Besi | $(p \cdot t) - L_{\text{kaca}}$ $= (1 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) - 0,552 \text{ m}^2$ $= 0,248 \text{ m}^2$ |
| 17 | Meja | Kayu | $p \cdot t$ |

| | | | |
|----|-------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | $= 3,5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m}$ $= 1,75 \text{ m}^2$ |
| 18 | Kipas angin | Besi | $\pi \cdot r^2 \cdot n$ $= 3,14 \cdot (0,25 \text{ m})^2 \cdot 2$ $= 0,388 \text{ m}^2$ |
| 19 | Dinding | Keramik | $(p \cdot l) - (L_{Jendela} + L_{Lemari} + L_{Rak} + L_{Meja} + L_{Pintu} + L_{Ventilasi pintu} + L_{Jam})$ $= ((17 \text{ m} + 0,28 \text{ m}) 2,25 \text{ m} + (4,61 \text{ m} \cdot 1,35 \text{ m}) - (12,627 \text{ m}^2 + 2,196 \text{ m}^2 + 0,248 \text{ m}^2 + 1,75 \text{ m}^2 + 3,332 \text{ m}^2 + 1,004 \text{ m}^2 + 0,07 \text{ m}^2$ $= (38,88 \text{ m}^2 + 6,223) - 21,227 \text{ m}^2$ $= 23,876 \text{ m}^2$ |
| 20 | Dinding | Bata dicat | $(p \cdot l \cdot n) - (L_{AC} + L_{Kipas} + L_{Ventilasi Jendela})$ $= 6,27 \text{ m} \cdot 1,35 \text{ m} \cdot 2) - (0,42 \text{ m}^2 + 0,388 \text{ m}^2 + 3,014)$ $= 16,929 \text{ m}^2 - 3,822 \text{ m}^2$ $= 13,107 \text{ m}^2$ |

Tabel permukaan sisi kiri ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas |
|----|-------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Jerjak jendela | Besi | $(p \cdot l \cdot n) + (l \cdot t \cdot n)$ $(0,73 \text{ m} \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 24) + (0,02 \text{ m} \cdot 1,41 \text{ m} \cdot 72)$ $= 0,35 \text{ m}^2 + 2,03 \text{ m}^2$ $= 2,38 \text{ m}^2$ |
| 2 | Kusen jendela | Kayu | $(p \cdot l \cdot n) + (l \cdot t \cdot n)$ $= (2,3 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 8) + (0,03 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 8) + (0,01 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 8)$ $= 0,552 \text{ m}^2 + 0,36 \text{ m}^2 + 0,12 \text{ m}^2$ $= 1,032 \text{ m}^2$ |
| 3 | Jendela | Kaca | $(p_1 \cdot t_2 \cdot n) - (L_{kayu} + L_{besi})$ $= (2,3 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 4) - (1,032 \text{ m}^2 + 2,38 \text{ m}^2)$ $= 13,8 \text{ m}^2 - 3,412 \text{ m}^2$ $= 10,388 \text{ m}^2$ |
| 4 | Ventilasi jendela | Kaca | $l \cdot t \cdot n$ $= 0,05 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} \cdot 72$ $= 1,08 \text{ m}^2$ |
| 5 | Kusen ventilasi jendela | Kayu | $(0,5 (\pi \cdot r^2) n) - L_{kaca}$ $= (0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,4 \text{ m})^2 \cdot 12) - 1,08 \text{ m}^2$ $= 1,934 \text{ m}^2$ |
| 6 | Ventilasi pintu | Kaca | $l \cdot t \cdot n$ $= 0,05 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m} \cdot 12$ $= 0,45 \text{ m}^2$ |

| | | | |
|----|-----------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Kusen ventilasi pintu | Kayu | $\begin{aligned} & (0,5 (\pi \cdot r^2)) - L_{kaca} \\ & = (0,5 \cdot 3,14 \cdot (0,8 m)^2) - 0,45 m^2 \\ & = 0,554 m^2 \end{aligned}$ |
| 8 | Kusen pintu | Kayu | $\begin{aligned} & (l \cdot t \cdot n) + (p \cdot l) \\ & = 0,05 m \cdot 2,15 m \cdot 2 + 0,05 m \cdot 1,55 \\ & m \\ & = 0,215 m^2 + 0,077 m^2 \\ & = 0,292 m^2 \end{aligned}$ |
| 9 | Pintu | Kaca | $\begin{aligned} & p \cdot t \cdot n \\ & = 0,6 m \cdot 1,9 m \cdot 2 \\ & = 2,28 m^2 \end{aligned}$ |
| 10 | Jerjak pintu | Besi | $\begin{aligned} & (p \cdot t) - L_{kaca} \\ & = (1,45 m \cdot 2,1 m) - 2,28 m^2 \\ & = 0,765 m^2 \end{aligned}$ |
| 11 | AC | Besi | $\begin{aligned} & p \cdot t \cdot n \\ & = 0,7 m \cdot 0,3 m \cdot 3 \\ & = 0,63 m^2 \end{aligned}$ |
| 12 | Kipas angin | Besi | $\begin{aligned} & \pi \cdot r^2 \\ & = 3,14 \cdot (0,25 m)^2 \\ & = 0,194 m^2 \end{aligned}$ |
| 13 | Kotak infak | Besi | $\begin{aligned} & p \cdot t \\ & = 0,6 m \cdot 0,5 m \\ & = 0,3 m^2 \end{aligned}$ |
| 14 | Dinding | Keramik | $\begin{aligned} & (p \cdot l) - (L_{Jendela} + L_{infak} + L_{Pintu}) \\ & = ((16,8 + 0,14) m \cdot 2,25 m) - (13,8 m^2 \\ & + 0,194 m^2 + 3,332 m^2 \\ & = 38,115 m^2 - 17,326 m^2 \\ & = 20,789 m^2 \end{aligned}$ |
| 15 | Dinding | Bata dicat | $\begin{aligned} & (1 \cdot t) - (L_{Ventilasi pintu} + (L_{Ventilasi jendela}) + \\ & (L_{AC}) + L_{Kipas angin}) \\ & = (16,8 m \cdot 1,35 m) - ((1,004 m^2) + \\ & (3,012 + 0,63 m^2 + 0,194 m^2)) \\ & = 22,68 m^2 - (4,84 m^2) \\ & = 17,84 m^2 \end{aligned}$ |

Tabel permukaan sisi alas ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas |
|----|---------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Lantai | Keramik | $\begin{aligned} & (p_1 \cdot l_1) + ((p_2 \cdot l_2) - L_{Tiang}) \\ & = (4,16 m \cdot 2 m) + ((17 m \cdot 0,72 \\ & m) - 0,245 m^2) \\ & = 8,32 m^2 + 11,995 m^2 \\ & = 20,315 m^2 \end{aligned}$ |
| 2 | Sajadah | Karpet | $\begin{aligned} & L_{Alas} - (L_{Keramik} + L_{Dinding ke dalam} + \\ & L_{Lemari} + L_{Rak} + L_{Meja}) \\ & = (17 m \cdot 16,8 m) - (20,56 m^2 + 0,2 \\ & m^2 + 0,72 m^2 + 0,35 m^2 + 3,15) \end{aligned}$ |

$$\begin{aligned}
 &= 285,6 \text{ m}^2 - 24,98 \text{ m}^2 \\
 &= 260,62 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Tabel permukaan sisi atap ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas |
|----|-------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Lampu TL | Kaca | $ \begin{aligned} &(\pi \cdot r^2) \cdot 9 \\ &= (3,14 \cdot (0,02 \text{ m})^2) \cdot 9 \\ &= 0,011 \text{ m}^2 \end{aligned} $ |
| 2 | Lampu LED | Kaca | $ \begin{aligned} &p \cdot l \cdot n \\ &= 0,6 \text{ m} \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 8 \\ &= 0,24 \text{ m}^2 \end{aligned} $ |
| 3 | Kipas angin | Besi | $ \begin{aligned} &\pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot (0,25 \text{ m})^2 \\ &= 0,194 \text{ m}^2 \end{aligned} $ |
| 4 | Atap | Gipsum | $ \begin{aligned} &(L_{\text{Atap}} + L_{\text{Atap ke dalam}}) - (L_{\text{Lampu TL}} + \\ &L_{\text{Lampu LED}} + L_{\text{Kipas}} + L_{\text{Tiang}} + L_{\text{Dinding ke}} \\ &\text{dalam}) \\ &= ((17 \text{ m} \cdot 16,8 \text{ m}) + (0,12 \text{ m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 12) \\ &+ (0,12 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 12)) - ((0,011 \text{ m}^2 + \\ &0,24 \text{ m}^2 + 0,194 \text{ m}^2 + 0,245 \text{ m}^2 + 0,2 \\ &\text{m}^2)) \\ &= (285,6 \text{ m}^2 + 7,2 \text{ m}^2 + 5,76 \text{ m}^2) - (0,89 \\ &\text{m}^2) \\ &= 297,67 \text{ m}^2 \end{aligned} $ |

Tabel permukaan sisi lainnya ruang masjid

| NO | Nama | Bahan | Luas (m ²) |
|----|----------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Tiang masjid | Keramik | $ \begin{aligned} &p \cdot t \cdot n \\ &= 0,35 \text{ m} \cdot 3,48 \text{ m} \cdot 8 \\ &= 9,744 \text{ m}^2 \end{aligned} $ |
| 2 | Tiang pembatas | Besi | $ \begin{aligned} &p \cdot l \cdot n + l \cdot t \cdot n \\ &= (2 \text{ m} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 12) + (0,03 \text{ m} \cdot 1,85 \text{ m} \\ &\cdot 9) \\ &= 0,72 \text{ m}^2 + 0,499 \text{ m}^2 \\ &= 1,2195 \text{ m}^2 \end{aligned} $ |

Keterangan

- l : Lebar (m)
- L : Luas (m²)
- n : Jumlah
- p : Panjang (m)
- r : Jari-jari (m)
- t : Tinggi (m)

Persamaan R_T menggunakan metode *Sabine* di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan:

$$R_T = \frac{0,161 V}{\sum S.\alpha} = \frac{0,161.(V_{Jmh} + V_{Imam} + V_{Atap_mnk}) - (V_{Ddg_ke_dlm} + V_{Tiang} + V_{Atap_mnk} + V_{Mnbr} + V_{Lnri} + V_{Rk} + V_{AC} + V_{Spkr})}{S.\alpha_{Batu} + S.\alpha_{Besi} + S.\alpha_{Kaca} + S.\alpha_{Keramik} + S.\alpha_{Kayu} + S.\alpha_{Gipsum} + S.\alpha_{Karpet}}$$

a. R_T dengan frekuensi 125 Hz:

$$R_T = \frac{0,161(((16,8 \times 17 \times 3,6) m^3 + (3,1 \times 2,35 \times 3,6) m^3 + (4 \times 5 \times 1,2 \times 4) m^3) - (((0,34 \times 0,07 \times 3,6 \times 8) m^3 + (63,322 m^2 \cdot 0,01) + (18,576 m^2 \cdot 0,01) + (47,61 m^2 \cdot 0,18) + (150,081 m^2 \cdot 0,01) + (13,053 m^2 \cdot 0,1) + (0,07 \times 0,07 \times 2,25 \times 2) m^3) + (0,35 \times 0,35 \times 3,6 \times 2) m^3 + (10 \times 0,12) m^3 + ((1 + 2,35) 0,5 \cdot 1 \times 1,45) m^3 + (297,67 m^2 \cdot 0,29) + (263,295 m^2 \cdot 0,1)) + (1,2 \times 0,5 \times 1,52) m^3 + (0,92 \times 0,5 \times 0,3) + (0,7 \times 0,3 \times 0,3) + (0,5 \times 0,2 \times 0,2 \times 2) m^3)}{(0,633 + 0,185 + 8,569 + 1,5 + 1,305 + 86,324 + 26,329} \\ = \frac{0,161((1.028,16 + 26,226 + 96) m^3) - (0,685 + 0,022 + 0,882 + 1,2 + 2,428 + 0,912 + 0,138 + 0,063 + 0,04) m^3}{124,845} \\ = 1,475 \text{ sekon}$$

b. R_T dengan frekuensi 250 Hz:

$$R_T = \frac{0,161(((16,8 \times 17 \times 3,6) m^3 + (3,1 \times 2,35 \times 3,6) m^3 + (4 \times 5 \times 1,2 \times 4) m^3) - (((0,34 \times 0,07 \times 3,6 \times 8) m^3 + (63,322 m^2 \cdot 0,01) + (18,576 m^2 \cdot 0,02) + (47,61 m^2 \cdot 0,18) + (150,081 m^2 \cdot 0,01) + (13,053 m^2 \cdot 0,09) + (0,07 \times 0,07 \times 2,25 \times 2) m^3) + (0,35 \times 0,35 \times 3,6 \times 2) m^3 + (10 \times 0,12) m^3 + ((1 + 2,35) 0,5 \cdot 1 \times 1,45) m^3 + (297,67 m^2 \cdot 0,1) + (263,295 m^2 \cdot 0,14)) + (1,2 \times 0,5 \times 1,52) m^3 + (0,92 \times 0,5 \times 0,3) m^3 + (0,7 \times 0,3 \times 0,3) + (0,5 \times 0,2 \times 0,2 \times 2) m^3)}{(0,633 + 0,371 + 2,856 + 1,5 + 1,174 + 29,67 + 36,861} \\ = \frac{0,161((1.028,16 + 26,226 + 96) m^3) - (0,685 + 0,022 + 0,882 + 1,2 + 2,428 + 0,912 + 0,138 + 0,063 + 0,04) m^3}{73,065} \\ = 2,521 \text{ sekon}$$

c. R_T dengan frekuensi 500 Hz:

$$R_T = \frac{0,161(((16,8 \times 17 \times 3,6) m^3 + (3,1 \times 2,35 \times 3,6) m^3 + (4 \times 5 \times 1,2 \times 4) m^3) - (((0,34 \times 0,07 \times 3,6 \times 8) m^3 + (63,322 m^2 \cdot 0,02) + (18,576 m^2 \cdot 0,02) + (47,61 m^2 \cdot 0,04) + (150,081 m^2 \cdot 0,02) + (13,053 m^2 \cdot 0,08) + (0,07 \times 0,07 \times 2,25 \times 2) m^3) + (0,35 \times 0,35 \times 3,6 \times 2) m^3 + (10 \times 0,12) m^3 + ((1 + 2,35) 0,5 \cdot 1 \times 1,45) m^3 + (297,67 m^2 \cdot 0,05) + (263,295 m^2 \cdot 0,2)) + (1,2 \times 0,5 \times 1,52) m^3 + (0,92 \times 0,5 \times 0,3) + (0,7 \times 0,3 \times 0,3) + (0,5 \times 0,2 \times 0,2 \times 2) m^3)}{1,266 + 0,371 + 1,904 + 3,01 + 1,044 + 14,883 + 52,659} \\ = \frac{0,161((1.028,16 + 26,226 + 96) m^3) - (0,685 + 0,022 + 0,882 + 1,2 + 2,428 + 0,912 + 0,138 + 0,063 + 0,04) m^3}{75,157} \\ = 2,451 \text{ sekon}$$

d. R_T dengan frekuensi 1.000 Hz:

$$R_T = \frac{0,161(((16,8 \times 17 \times 3,6)m^3 + (3,1 \times 2,35 \times 3,6)m^3 + (4 \times 5 \times 1,2 \times 4)m^3) - (((0,34 \times 0,07 \times 3,6 \times 8)m^3 + (0,07 \times 0,07 \times 2,25 \times 2)m^3) + (0,35 \times 0,35 \times 3,6 \times 2)m^3 + (10 \times 0,12)m^3 + ((1 + 2,35)0,5 \times 1 \times 1,45)m^3 + (1,2 \times 0,5 \times 1,52)m^3 + (0,92 \times 0,5 \times 0,3) + (0,7 \times 0,3 \times 0,3) + (0,5 \times 0,2 \times 0,2 \times 2)m^3)}{(63,322 m^2 \cdot 0,02) + (18,576 m^2 \cdot 0,03) + (47,61 m^2 \cdot 0,02) + (150,081 m^2 \cdot 0,02) + (13,053 m^2 \cdot 0,08) + (297,67 m^2 \cdot 0,04) + (263,295 m^2 \cdot 0,33)}$$

$$= \frac{0,161((1.028,16 + 26,226 + 96)m^3) - (0,685 + 0,022 + 0,882 + 1,2 + 2,428 + 0,912 + 0,138 + 0,063 + 0,04)m^3}{1,266 + 0,557 + 1,428 + 3,01 + 1,044 + 14,883 + 86,887}$$

$$R_T = \frac{0,161(1.144,456)}{106,098} \text{ sekon}$$

$$= 1,736 \text{ sekon}$$

e. R_T dengan frekuensi 2.000 Hz:

$$R_T = \frac{0,161(((16,8 \times 17 \times 3,6)m^3 + (3,1 \times 2,35 \times 3,6)m^3 + (4 \times 5 \times 1,2 \times 4)m^3) - (((0,34 \times 0,07 \times 3,6 \times 8)m^3 + (0,07 \times 0,07 \times 2,25 \times 2)m^3) + (0,35 \times 0,35 \times 3,6 \times 2)m^3 + (10 \times 0,12)m^3 + ((1 + 2,35)0,5 \times 1 \times 1,45)m^3 + (1,2 \times 0,5 \times 1,52)m^3 + (0,92 \times 0,5 \times 0,3) + (0,7 \times 0,3 \times 0,3) + (0,5 \times 0,2 \times 0,2 \times 2)m^3)}{(63,322 m^2 \cdot 0,02) + (18,576 m^2 \cdot 0,03) + (47,61 m^2 \cdot 0,02) + (150,081 m^2 \cdot 0,02) + (13,053 m^2 \cdot 0,08) + (297,67 m^2 \cdot 0,07) + (263,295 m^2 \cdot 0,5)}$$

$$= \frac{0,161((1.028,16 + 26,226 + 96)m^3) - (0,685 + 0,022 + 0,882 + 1,2 + 2,428 + 0,912 + 0,138 + 0,063 + 0,04)m^3}{1,266 + 0,557 + 0,952 + 3,01 + 1,044 + 20,836 + 131,647}$$

$$R_T = \frac{0,161(1.144,456)}{159,312} \text{ sekon}$$

$$= 1,156 \text{ sekon}$$

f. R_T dengan frekuensi 4.000 Hz:

$$R_T = \frac{0,161(((16,8 \times 17 \times 3,6)m^3 + (3,1 \times 2,35 \times 3,6)m^3 + (4 \times 5 \times 1,2 \times 4)m^3) - (((0,34 \times 0,07 \times 3,6 \times 8)m^3 + (0,07 \times 0,07 \times 2,25 \times 2)m^3) + (0,35 \times 0,35 \times 3,6 \times 2)m^3 + (10 \times 0,12)m^3 + ((1 + 2,35)0,5 \times 1 \times 1,45)m^3 + (1,2 \times 0,5 \times 1,52)m^3 + (0,92 \times 0,5 \times 0,3) + (0,7 \times 0,3 \times 0,3) + (0,5 \times 0,2 \times 0,2 \times 2)m^3)}{(63,322 m^2 \cdot 0,03) + (18,576 m^2 \cdot 0,03) + (47,61 m^2 \cdot 0,02) + (150,081 m^2 \cdot 0,02) + (13,053 m^2 \cdot 0,08) + (297,67 m^2 \cdot 0,09) + (263,295 m^2 \cdot 0,6)}$$

$$= \frac{0,161((1.028,16 + 26,226 + 96)m^3) - (0,685 + 0,022 + 0,882 + 1,2 + 2,428 + 0,912 + 0,138 + 0,063 + 0,04)m^3}{1,907 + 0,557 + 0,952 + 3,01 + 1,044 + 11,906 + 157,977}$$

$$R_T = \frac{0,161(1.144,456)}{192,237} \text{ sekon}$$

$$= 0,958 \text{ sekon}$$

Rata-rata nilai R_T :

$$\begin{aligned}
 R_T &= \frac{R_{T(125Hz)} + R_{T(250Hz)} + R_{T(500Hz)} + R_{T(1.000Hz)} + R_{T(2.000Hz)} + R_{T(4.000Hz)}}{6} \\
 &= \frac{1,475 \text{ sekon} + 2,521 \text{ sekon} + 2,451 \text{ sekon} + 1,736 \text{ sekon} + 1,156 \text{ sekon} +}{6} \\
 &\underline{\underline{0,958 \text{ sekon}}} \\
 &= 1,716 \text{ sekon}
 \end{aligned}$$

Analisis Nilai $R_{T(30)}$ Menggunakan Persamaan Regresi Linear pada Pengukuran Waktu Dengung Akustik (R_T) Menggunakan SLM di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan

R_T

$x_a = 96 \text{ dB}$

$x_b = 58,5 \text{ dB}$

$y_a = 0 \text{ sekon}$

$y_b = 1 \text{ sekon}$

$x_c = 66 \text{ dB}$

$y_c (R_{T(30)}) = ?$

$$\begin{aligned}
 \frac{x_b - x_a}{x_c - x_a} &= \frac{y_b - y_a}{y_c - y_a} \\
 \frac{58,5 \text{ dB} - 96 \text{ dB}}{66 \text{ dB} - 96 \text{ dB}} &= \frac{1 - 0}{y_c - 0} \\
 -37,5 \cdot y_c &= -30 \text{ dB} \cdot \text{sekon} \\
 y_c &= R_{T(30)} = 0,8 \text{ sekon}
 \end{aligned}$$

BIODATA PENULIS



Doli Ramadhan adalah nama penulis skripsi ini. Penulis lahir di Kota Medan Tanggal 12 Januari 1998 dan lahir dari orangtua yang bernama Zulhaji Batubara dan Linda Nora Siregar dan penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri 094155 Kabupaten Simalungun, SMP Swasta Taman Asuhan Kota Pematangsiantar, SMA Negeri 4 Kota Pematangsiantar, dan Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan pada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi (lulus tahun 2020) dengan gelar Sarjana Sains.

Penulis juga aktif di organisasi tingkat program studi yaitu Himpunan Mahasiswa Jurusan (HMJ) Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan sebagai Ketua Divisi Kemahasiswaan periode 2017/2018 dan Laboratorium Fisika Dasar UIN Sumatera Utara Medan sebagai Asisten Praktikum (2017-2019). Dengan semangat, doa, dan kerja keras Alhamdulillah penulis mendapatkan prestasi sebagai Wisudawan Terbaik Program Studi Fisika pada Yudisium IV Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan.

Akhir kata mengucapkan syukur Alhamdulillah atas terselesaiannya skripsi **“Implementasi Sound Level Meter (SLM) dan Perbandingan Kualitas Smartphone sebagai Alat Ukur Parameter Akustik di Ruang Masjid Al-Hidayah Kecamatan Medan Perjuangan”** dan semoga memberikan kontribusi yang baik di lingkungan masyarakat.