



**RANCANG BANGUN SLM (*SOUND LEVEL METER*) DISERTAI SISTEM  
DATA *LOGGER* BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI ALAT UKUR  
KEBISINGAN DI MASJID SUNAN KALIJAGA JEMBER**

**SKRIPSI**

Oleh

**Intan Nurjannah**

**NIM 130210102072**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**



**RANCANG BANGUN SLM (*SOUND LEVEL METER*) DISERTAI SISTEM  
DATA *LOGGER* BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI ALAT UKUR  
KEBISINGAN DI MASJID SUNAN KALIJAGA JEMBER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh:

**Intan Nurjannah  
NIM 130210102072**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2017**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Mama tercinta Is Idayani, Ayahanda Suhardi, Kakakku Maya Wulandari, Brian Aziz, Haris Yulianto, dan Hesti Faroh, terima kasih atas untaian dzikir, do'a, dan motivasi yang selalu mengiringi langkahku selama menuntut ilmu, dukungan moral, kesabaran, kegigihan, pengorbanan serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guruku sejak TK sampai SMA dan dosen-dosenku yang terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

**MOTTO**

*“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan seberat zarrahpun, niscaya dia akan melihat (balasan) nya” (terjemahan potongan Surat Al-Zalzalah ayat 7).<sup>1</sup>*

*“Imagination is more important than knowledge.”<sup>2</sup>*

*“Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving.”<sup>3</sup>*

---

<sup>1</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2000. Al Qur'an dan Terjemahnya. Semarang: CV. Asy Syifa'.

<sup>3</sup>Albert Einstein. <http://irfansyahp.blogspot.co.id/2013/09/kumpulan-motto-albert-einstein.html>. [Diakses pada: 25 Mei 2017].

<sup>3</sup>Albert Einstein. <http://www.katabijakbahasainggris.com/2015/03/kata-bijak-albert-einstein-terbaik-dalam-bahasa-inggris-dan-artinya.html>. [Diakses pada: 25 Mei 2017].

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Nurjannah

NIM : 130210102072

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2017

Yang menyatakan,

Intan Nurjannah

NIM 130210102072

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN SLM (*SOUND LEVEL METER*) DISERTAI SISTEM  
DATA LOGGER BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI ALAT UKUR  
KEBISINGAN DI MASJID SUNAN KALIJAGA JEMBER**

Oleh:

**Intan Nurjannah**  
**NIM 130210102072**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Alex Harijanto, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul "Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember" telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 20 Juli 2017

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Alex Harijanto, M.Si.  
NIP 19641117 199103 1 001

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc.  
NIP 19680710 199302 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si.  
NIP 19650420 199512 1 001

Drs. Sri Handono Budi P., M.Si.  
NIP 19580318 198503 1 004

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19680802 199303 1 004

## RINGKASAN

**Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember;** Intan Nurjannah; 130210102072; 2017; 71 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Kesehatan lingkungan merupakan faktor penting dalam kehidupan sosial kemasyarakatan. Seiring pesatnya pertumbuhan penduduk, meningkat pula ketidakseimbangan yang terjadi pada lingkungan. Kesehatan lingkungan dapat terganggu dengan adanya pencemaran lingkungan atau biasa disebut polusi. Polusi dapat dikategorikan menjadi 4 macam, yaitu: polusi udara, air, tanah, dan suara. Polusi suara atau kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu pendengaran manusia. Kebisingan dapat terjadi di wilayah perkotaan padat penduduk, daerah industri, perumahan dekat rel kereta api, bandara, studio musik, bahkan di tempat ibadah, seperti masjid yang terletak di pinggir jalan raya. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan peneliti, kebisingan di tempat ibadah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: padatnya lalu lintas kendaraan di jalan raya yang letaknya berdekatan dengan masjid, banyaknya warga yang melintas di sekitar masjid, dan *sound system* dengan suara keras yang diletakkan di dalam masjid. Intensitas suara yang berlebihan ini tentu dapat mengganggu konsentrasi jamaah dalam melakukan ibadah. Kebisingan dapat diukur menggunakan alat ukur kebisingan yang disebut *Sound Level Meter*. Selain menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) produksi pabrik, kebisingan dapat pula diukur menggunakan SLM hasil rakitan sendiri. Seiring berkembangnya dunia elektronika yang semakin pesat pada saat ini, terciptalah teknologi digital yang menjadi awal mula dibuatnya piranti canggih yang disebut mikrokontroler. Merk mikrokontroler yang sangat populer dan banyak digunakan di seluruh dunia pada saat ini adalah mikrokontroler arduino. Dengan arduino, perancang dapat memodifikasi sendiri rangkaian alat yang akan dibuat. Dari uraian tersebut, peneliti tertarik untuk merancang alat ukur kebisingan menggunakan mikrokontroler



arduino. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) merancang *Sound Level Meter* disertai sistem data *logger* berbasis arduino, (2) mengkaji perbandingan hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi menggunakan SLM berbasis mikrokontroler arduino dibanding SLM standar produksi pabrik, (3) mengkaji tingkat kebisingan rata-rata di masjid Sunan Kalijaga Jember pada siang dan malam hari diukur menggunakan SLM disertai sistem data *logger* berbasis arduino.

Berdasarkan analisis data setelah penelitian dilaksanakan, menunjukkan bahwa SLM rakitan peneliti telah layak digunakan sebagai alat ukur standar, setelah dilakukan kalibrasi menggunakan SLM standar pabrik. Tingkat *error* SLM rancangan peneliti berkisar antara -3.63% hingga 7.56% dibanding SLM standar produksi pabrik.

Data hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di masjid Sunan Kalijaga menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai TI bunyi pada penelitian ini adalah waktu pengukuran dan jumlah kendaraan yang melintas di jalan raya Kalimantan yang terletak di depan masjid Sunan Kalijaga. Nilai TI bunyi rata-rata harian mencapai 68,60 dB. Nilai tersebut melebihi ketentuan pemerintah mengenai standar bising yang ditetapkan untuk tempat ibadah yaitu sebesar 55 dB.

Berdasarkan analisis data hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa: (1) Mikrokontroler arduino uno digunakan sebagai pengendali sistem kerja rangkaian *Sound Level Meter* (SLM), dengan piranti *input* berupa *sound sensor* dan piranti *output* berupa LED, LCD, dan data *logger*; (2) SLM rancangan telah diuji dengan cara mengkalibrasi hasil ukur tingkat intensitas bunyi menggunakan SLM rancangan, dengan kalibrator berupa SLM standar tipe SL-130. SLM rancangan dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi dengan nilai *error* kurang dari 10%; (3) Faktor yang mempengaruhi nilai tingkat intensitas bunyi yang diukur di masjid Sunan Kalijaga pada penelitian ini adalah waktu pengambilan data dan jumlah kendaraan yang lewat di jalan Kalimantan Jember. Dalam penelitian ini, faktor jarak antara sumber bising dan alat ukur tidak mempengaruhi nilai tingkat intensitas bunyi yang dihasilkan; (4) Tingkat kebisingan rata-rata harian yang diukur di masjid Sunan Kalijaga sebesar 68.60 dB. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang standar baku kebisingan di tempat ibadah,

ditetapkan kebisingan maksimal sebesar 55 dB. Berdasarkan data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Masjid Sunan Kalijaga Jember dikategorikan sebagai tempat ibadah yang lingkungannya bising.



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya, serta junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika dan selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama pengerjaan skripsi;
4. Drs. Alex Harijanto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Dr. Yushardi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan saran dan masukan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Ketua takmir Masjid Sunan Kalijaga Jember yang telah memberikan izin penelitian;
7. Bapak Dr. KH. Hamam, M.HI dan Ibu Isniyatul Ulyah selaku pengasuh PPM. Al-Husna, yang telah membimbing, memberikan nasihat, serta menjadi motivator bagi penulis;

8. Ika, Halim, Eliana, Na'im, Qorifa, Ida, Nafida, Mas Rokhim, Hisyam, Dian, Afad, dan Iqbal, yang telah banyak memberikan ide dan bantuan dalam proses penelitian;
9. Teman-teman fisika angkatan 2013, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, untuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Jember, Juli 2017

Penulis,

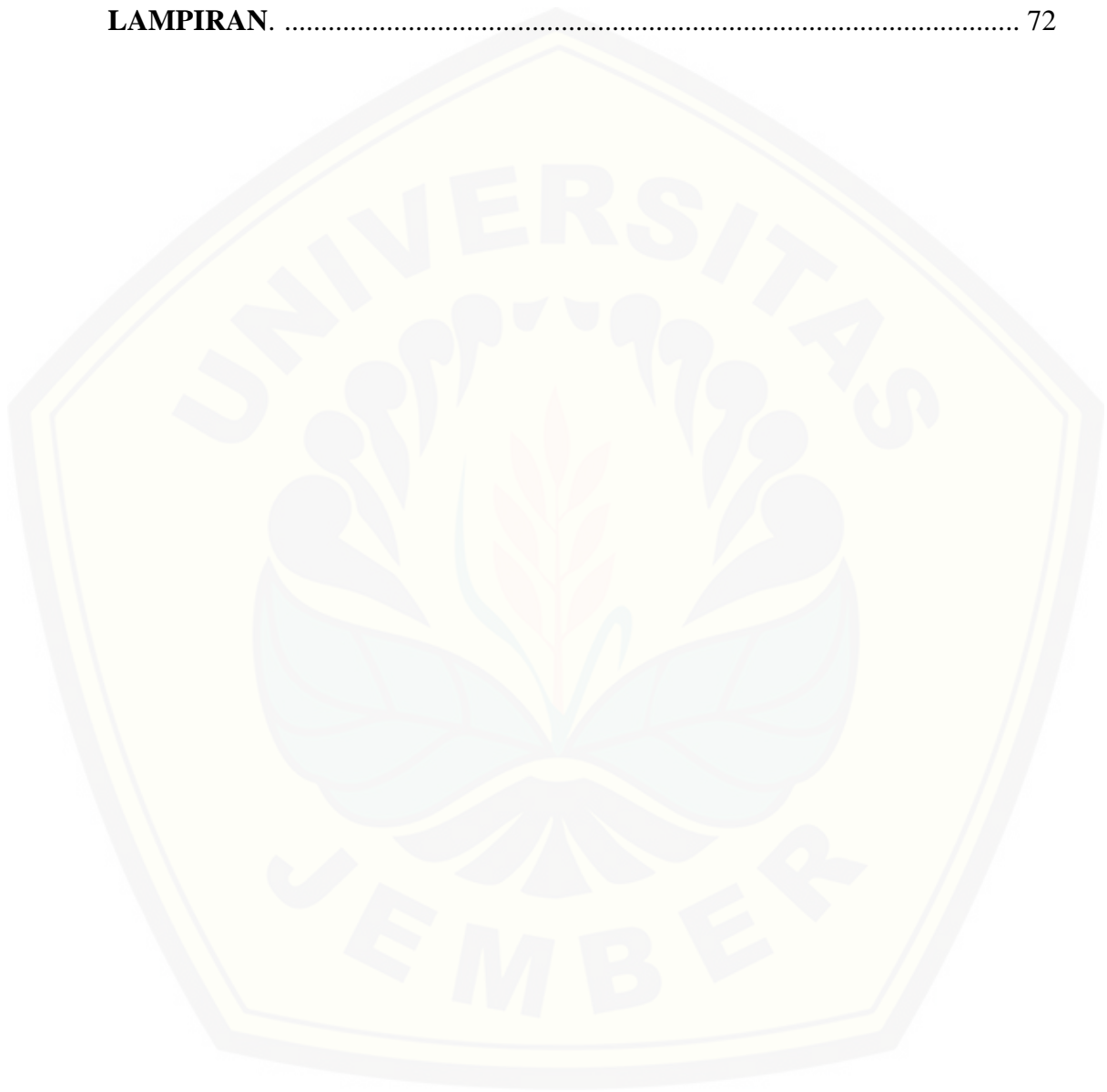
Intan Nurjannah

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Gelombang</b> .....	6
2.1.1 Pengertian dan Klasifikasi Gelombang .....	6
2.1.2 Persamaan Umum Gelombang .....	7
2.1.3 Persamaan Diferensial Gerak Gelombang .....	8
<b>2.2 Bunyi</b> .....	9
2.2.1 Pengertian Bunyi .....	9
2.2.2 Intensitas dan Tingkat Intensitas Bunyi .....	11
2.2.3 Tingkat Tekanan Bunyi .....	15
<b>2.3 Kebisingan</b> .....	16
2.3.1 Pengertian Bising .....	16

2.3.2	Standar Baku Kebisingan.....	17
2.3.3	Dampak Kebisingan.....	17
2.3.4	Alat Ukur Bising.....	18
<b>2.4</b>	<b>Mikrokontroler.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Modul Arduino Uno.....</b>	<b>20</b>
<b>2.6</b>	<b>Sensor Suara.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7</b>	<b>LED (<i>Light Emitting Diode</i>).....</b>	<b>24</b>
<b>2.8</b>	<b>LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....</b>	<b>25</b>
<b>2.9</b>	<b>Micro SD Module.....</b>	<b>26</b>
<b>2.10</b>	<b>Micro SD.....</b>	<b>27</b>
<b>2.11</b>	<b>Resistor.....</b>	<b>29</b>
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Jenis Penelitian.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Tempat dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel.....</b>	<b>31</b>
3.3.1	Variabel Penelitian.....	31
3.3.2	Definisi Operasional Variabel.....	31
<b>3.4</b>	<b>Alat dan Bahan Penelitian.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5</b>	<b>Desain Alat Penelitian.....</b>	<b>34</b>
3.5.1	Desain Rangkaian Alat.....	34
3.5.2	Desain Blok Perancangan Alat.....	35
3.5.3	Flowchart.....	36
3.5.4	Titik Lokasi Pengambilan Data.....	36
<b>3.6</b>	<b>Alur Penelitian.....</b>	<b>38</b>
<b>3.7</b>	<b>Langkah Penelitian.....</b>	<b>38</b>
<b>3.8</b>	<b>Teknik Penyajian Data.....</b>	<b>41</b>
<b>3.9</b>	<b>Teknik Analisis Data.....</b>	<b>42</b>
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Hasil Penelitian.....</b>	<b>44</b>
<b>4.2</b>	<b>Pembahasan.....</b>	<b>60</b>

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	67
<b>5.1 KESIMPULAN</b> .....	67
<b>5.2 SARAN</b> .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	69
<b>LAMPIRAN</b> .....	72



**DAFTAR TABEL**

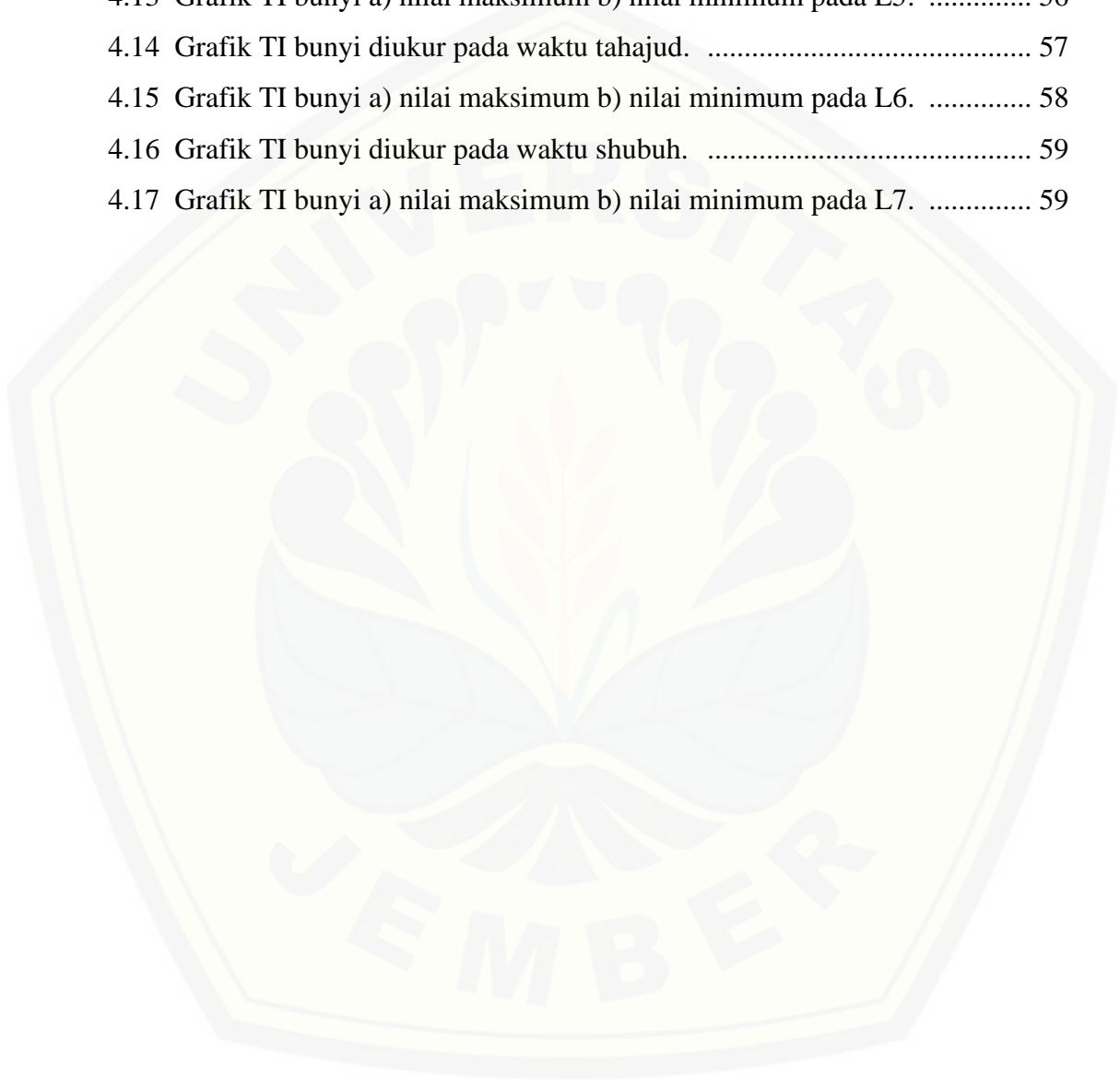
	Halaman
2.1 Beberapa tingkat intensitas bunyi.....	14
2.2 Beberapa istilah dalam pengukuran kebisingan. ....	16
2.3 Baku tingkat kebisingan di beberapa tempat.....	17
2.4 Spesifikasi arduino uno. ....	22
3.1 Tabel penyajian data hasil ukur kalibrasi SLM rancangan.....	41
3.2 Tabel penyajian data hasil ukur tingkat intensitas (TI) bunyi. ....	41
4.1 Hasil kalibrasi SLM rancangan. ....	46
4.2 Hasil analisis regresi data kalibrasi.....	47
4.3 Hasil tingkat intensitas bunyi di masjid sunan kalijaga jember.....	48



**DAFTAR GAMBAR**

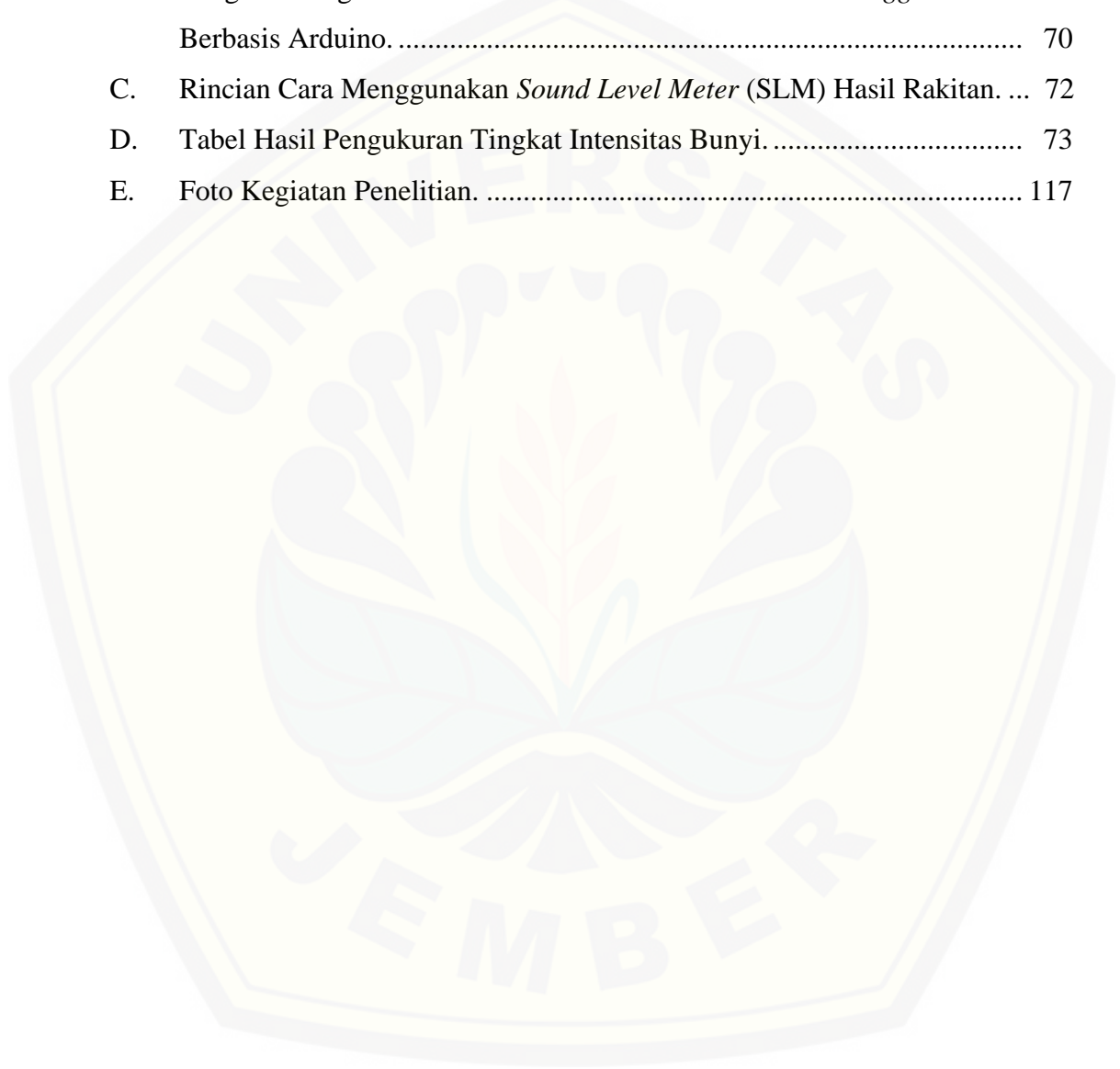
	Halaman
2.1 Penggolongan gelombang berdasarkan arah rambat dan arah getar partikel. ....	7
2.2 <i>Sound level meter</i> . ....	19
2.3 <i>Software IDE Arduino</i> . ....	21
2.4 Arduino uno ATmega328P. ....	23
2.5 Sensor suara analog. ....	24
2.6 Bentuk dan lambang LED. ....	24
2.7 LED ( <i>Light Emitting Diodes</i> ). ....	25
2.8 Tampilan LCD. ....	26
2.9 SD modul (SKU: DFR0071). ....	27
2.10 <i>SD card</i> . ....	28
2.11 Resistor dan simbolnya. ....	29
2.12 Rangkaian resistor sebagai pembatas arus LED. ....	29
3.1 Perangkat <i>sound level meter digital</i> tipe SL-130. ....	34
3.2 Rancangan alat. ....	35
3.3 Diagram blok perancangan alat. ....	35
3.4 Flowchart. ....	36
3.5 Desain titik pengambilan data. ....	37
3.6 Skema alur penelitian. ....	38
3.7 Grafik TI bunyi rata-rata. ....	42
4.1 Skema perangkat keras penyusun SLM. . ....	45
4.2 Hasil rancangan prototype. ....	46
4.3 Grafik normalitas data kalibrasi. ....	47
4.4 Grafik TI bunyi diukur pada waktu dhuha. ....	50
4.5 Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L1. ....	50
4.6 Grafik TI bunyi diukur pada waktu dhuhur. ....	51
4.7 Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L2. ....	52
4.8 Grafik TI bunyi diukur pada waktu ashar. ....	53

4.9	Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L3. ....	53
4.10	Grafik TI bunyi diukur pada waktu maghrib. ....	54
4.11	Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L4. ....	55
4.12	Grafik TI bunyi diukur pada waktu isya'. ....	56
4.13	Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L5. ....	56
4.14	Grafik TI bunyi diukur pada waktu tahajud. ....	57
4.15	Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L6. ....	58
4.16	Grafik TI bunyi diukur pada waktu shubuh. ....	59
4.17	Grafik TI bunyi a) nilai maksimum b) nilai minimum pada L7. ....	59



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Matriks Penelitian.....	63
B. Langkah-Langkah Pembuatan SLM disertai Sistem Data <i>Logger</i> Berbasis Arduino. ....	70
C. Rincian Cara Menggunakan <i>Sound Level Meter</i> (SLM) Hasil Rakitan. ...	72
D. Tabel Hasil Pengukuran Tingkat Intensitas Bunyi. ....	73
E. Foto Kegiatan Penelitian. ....	117



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kesehatan lingkungan merupakan faktor penting dalam kehidupan sosial kemasyarakatan. Lingkungan yang sehat sangat dibutuhkan bukan hanya untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat secara fisik saja, tetapi juga untuk meningkatkan kesehatan psikologis masyarakat. Terciptanya kenyamanan hidup, terhindar dari *stress*, dan meningkatnya konsentrasi dalam beribadah merupakan contoh dampak positif dari lingkungan yang sehat ditinjau dari sisi psikologis.

Seiring pesatnya pertumbuhan penduduk, meningkat pula ketidakseimbangan yang terjadi pada lingkungan. Kesehatan lingkungan dapat terganggu dengan adanya pencemaran lingkungan atau biasa disebut polusi. Polusi dapat dikategorikan menjadi 4 macam, yaitu: polusi udara, air, tanah, dan suara. Djalante (2010:2) dalam penelitiannya, berpendapat bahwa polusi suara atau kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu pendengaran manusia.

Kebisingan dapat terjadi di wilayah perkotaan padat penduduk, daerah industri, perumahan dekat rel kereta api, bandara, studio musik, bahkan di tempat ibadah, seperti masjid yang terletak di pinggir jalan raya. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan peneliti, kebisingan di tempat ibadah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: padatnya lalu lintas kendaraan di jalan raya yang letaknya berdekatan dengan masjid, banyaknya warga yang melintas di sekitar masjid, dan *sound system* dengan suara keras yang diletakkan di dalam masjid. Intensitas suara yang berlebihan ini tentu dapat mengganggu konsentrasi jamaah dalam melakukan ibadah.

Kebisingan dapat diukur menggunakan alat ukur kebisingan yang disebut *Sound Level Meter*. Alat ukur ini sangat cocok digunakan dalam ruangan. SLM dapat mendeteksi tingkat intensitas bunyi dalam satuan *decibel*. Gabriel (1999 dalam Feidihal, 2007:3) menyebutkan bahwa *Sound Level Meter* dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi dengan rentang antara 30 - 130 dB dan frekuensi antara 20 - 20.000 Hz. Dengan adanya alat ini, masalah kebisingan

lingkungan dapat diatasi dengan membuat *barrier* kebisingan di tempat bising yang tepat sesuai hasil pengukuran menggunakan SLM. Selain menggunakan *Sound Level Meter* (SLM) produksi pabrik, kebisingan dapat pula diukur menggunakan SLM hasil rakitan sendiri.

Seiring berkembangnya dunia elektronika yang semakin pesat pada saat ini, terciptalah teknologi digital yang menjadi awal mula dibuatnya piranti canggih yang disebut mikrokontroler. Menurut Sudjadi (2005:47), mikrokontroler adalah piranti elektronik berupa IC (*Integrated Circuit*) yang memiliki kemampuan manipulasi informasi data berdasarkan suatu urutan instruksi (program) yang dibuat oleh *programmer*. Merk mikrokontroler yang sangat populer dan banyak digunakan di seluruh dunia pada saat ini adalah mikrokontroler arduino.

Arduino merupakan sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source* (Djuandi, 2011:8). Arduino dirancang untuk memudahkan penggunaan alat elektronik dalam berbagai bidang. Piranti ini memiliki banyak kelebihan dibanding jenis mikrokontroler lainnya. *Hardware* arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*nya memiliki bahasa pemrograman tersendiri. Banyak literatur di internet yang dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat *project* berbasis arduino. *Coding* untuk pemrograman dapat diambil dari *library* yang terdapat dalam *software* IDE arduino. Selain itu, harga satu *board* arduino dijual relatif murah dibandingkan dengan *platform* mikrokontroler lainnya. Berbagai kelebihan inilah yang menyebabkan arduino banyak dipakai oleh teknisi, penghobi elektronik, maupun pemula, untuk mengembangkan alat elektronik menggunakan mikrokontroler. Dengan arduino, perancang dapat memodifikasi sendiri rangkaian alat yang akan dibuat. Dari uraian tersebut, peneliti tertarik untuk merancang alat ukur kebisingan menggunakan mikrokontroler arduino.

Penelitian terkait pembuatan alat elektronik berbasis arduino telah banyak dilakukan. Misalnya penelitian yang dilakukan oleh Tuwaidan (2015) dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Desibel (dB) Meter Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3”. Pada penelitian ini, peneliti merancang alat ukur tingkat intensitas bunyi menggunakan mikrokontroler arduino. Namun, belum terdapat sistem data *logger* untuk menyimpan data hasil pengukuran pada desibel meter hasil rakitan peneliti.

Sehingga diperlukan penelitian lanjutan sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menambahkan sistem data *logger* pada alat hasil rakitan.

Hartono (2013:1) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa data *logger* merupakan sistem yang berfungsi untuk merekam data ke dalam media penyimpan yang memiliki kapasitas penyimpan cukup besar sehingga data yang terekam dapat ditampilkan dalam bentuk grafik. Media penyimpan pada sistem data *logger* dijelaskan berupa *SD card* dengan kapasitas ruang penyimpan yang besar dan data keluaran berupa *CSV file*. Dengan adanya data *logger*, peneliti dapat mengembangkan rangkaian alat ukur yang telah ada sebelumnya. Selain untuk mengukur nilai tingkat intensitas bunyi, alat ukur juga dapat digunakan untuk menyimpan hasil pengukuran dan menampilkannya melalui komputer.

Berdasarkan fakta dan hasil penelitian di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian tentang pengukuran kebisingan menggunakan rancangan SLM berbasis mikrokontroler arduino. Sehingga penelitian ini diberi judul **“Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember.”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana prosedur rancang bangun *Sound Level Meter* disertai sistem data *logger* berbasis arduino untuk mengukur kebisingan rata-rata suatu tempat?
- b. Bagaimana perbandingan data hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi menggunakan SLM berbasis mikrokontroler arduino dibanding SLM standar produksi pabrik?
- c. Berapa tingkat kebisingan rata-rata di masjid Sunan Kalijaga Jember pada siang dan malam hari diukur menggunakan SLM disertai sistem data *logger* berbasis arduino?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Mikrokontroler yang digunakan untuk membuat *Sound Level Meter* pada penelitian ini adalah Arduino uno.
- b. *Sound sensor* yang digunakan khusus pada penelitian ini adalah tipe KY-037.
- c. SLM rakitan peneliti hanya dirancang untuk mengukur bunyi dengan tingkat intensitas antara 31 dB hingga 110 dB.
- d. File rekaman berupa *txt* file, lalu dapat ditampilkan grafik berdasarkan data hasil penelitian melalui MS Excel.
- e. Masing-masing komponen pada modul *sound sensor* dan *SD module* tidak dibahas secara detail pada bagian pembahasan, dikarenakan sudah menjadi satu kesatuan dalam sebuah *module*.
- f. Pengukuran dilakukan di 3 titik yang telah ditentukan di dalam bangunan masjid Sunan Kalijaga, yaitu titik yang terletak tepat di belakang pintu utama masjid, titik yang berada di bagian tengah masjid, dan titik yang terletak di bagian depan mimbar (titik terjauh dari sumber bunyi).
- g. *Sound Level Meter* produksi pabrik hanya digunakan untuk menguji keakuratan *Sound Level Meter* hasil rakitan peneliti (SLM standar pabrik digunakan sebagai kalibrator).
- h. Pengambilan data tingkat intensitas bunyi dilakukan berdasarkan waktu yang telah ditentukan, yaitu pada saat dilaksanakannya ibadah sholat 5 waktu, pada waktu sholat dhuha, dan pada waktu sholat tahajud.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

- a. Merancang *Sound Level Meter* disertai sistem data *logger* berbasis arduino.
- b. Mengkaji perbandingan hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi menggunakan SLM berbasis mikrokontroler arduino dibanding SLM standar produksi pabrik.

- c. Mengkaji tingkat kebisingan rata-rata di masjid Sunan Kalijaga Jember pada siang dan malam hari diukur menggunakan SLM disertai sistem data *logger* berbasis arduino.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

- a. Bagi peneliti, dapat meningkatkan kemampuan dalam mengembangkan suatu alat elektronik.
- b. Bagi mahasiswa, sebagai sumber literatur untuk acuan dalam mengembangkan penelitian tentang rancang bangun *sound level meter* disertai sistem data *logger* untuk mengukur kebisingan di suatu tempat, serta dapat digunakan untuk menambah peralatan dalam kegiatan praktikum fisika dasar pada materi bunyi.
- c. Bagi masyarakat, dapat dimanfaatkan untuk mengukur kebisingan di tempat tertentu, agar dapat menentukan langkah yang tepat untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan oleh kebisingan di tempat tersebut.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gelombang

#### 2.1.1 Pengertian dan Klasifikasi Gelombang

Gelombang didefinisikan sebagai getaran periodik yang merambat (berosilasi) tanpa disertai perpindahan materi (zat perantara). Gelombang merambat dengan memindahkan energi dari satu tempat ke tempat yang lain (Giancoli, 2001:381). Gelombang dapat terjadi ketika sebuah sistem diberi gangguan dari keadaan keseimbangannya atau pada saat gangguan berjalan dari satu daerah ke daerah lain. Contoh dari fenomena gelombang antara lain: suara dari alat musik, riak air di kolam, dan peristiwa gempa bumi (Young dan Freedman, 2012:472).

Gelombang dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu: berdasarkan ada tidaknya medium perantara, berdasarkan arah getar partikel-partikel medium terhadap arah rambat gelombang, dan berdasarkan sifat penjalaran gelombang. Jika ditinjau dari ada tidaknya medium perantara, gelombang dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

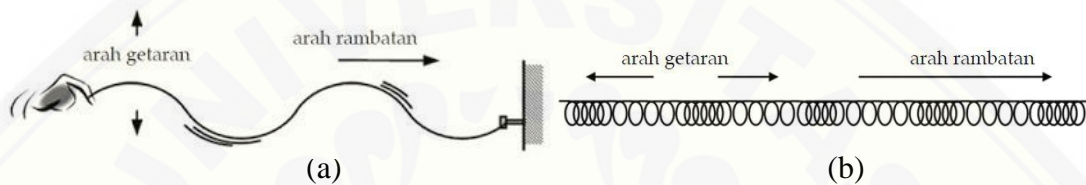
- a. Gelombang mekanik. Gelombang mekanik merupakan gelombang yang memerlukan medium perantara untuk dapat merambat. Contoh dari gelombang mekanik adalah bunyi, gelombang pada riak air, gelombang pegas, dan gelombang tali.
- b. Gelombang elektromagnetik (GEM). Gelombang ini tidak memerlukan medium perantara untuk merambat. GEM merupakan sebuah spektrum pada beragam energi dan panjang gelombang. Ketika panjang gelombangnya pendek, maka energinya besar. Begitu pula sebaliknya. Contoh dari gelombang elektromagnetik dari spektrum energi terendah ke spektrum energi tertinggi adalah gelombang radio, gelombang TV, gelombang mikro, sinar UV, cahaya tampak, sinar-X, dan sinar gamma.

(Jati dan Priyambodo, 2009:249-250).

Jika ditinjau dari arah getar partikel-partikel medium terhadap arah rambat gelombang, maka gelombang dapat dibedakan menjadi 2 sebagai berikut:

- Gelombang longitudinal, merupakan gelombang yang memiliki arah rambat sejajar dengan arah getar partikel-partikel mediumnya. Ditandai dengan adanya rapatan dan renggangan. Contohnya: gelombang bunyi dan gelombang pegas.
- Gelombang transversal, merupakan gelombang yang memiliki arah rambat gelombang tegak lurus arah getar partikel-partikel mediumnya. Ditandai dengan adanya perut dan simpul gelombang. Contohnya: gelombang tali, gelombang permukaan air, dan cahaya.

(Jati dan Priyambodo, 2009:250).



(a) Gelombang Transversal; (b) Gelombang Longitudinal

Gambar 2.1 Penggolongan gelombang berdasarkan arah rambat dan arah getar partikel  
(Sumber: <http://www.bukupedia.net>)

Pengelompokan gelombang berdasarkan sifat penjalaran gelombang dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

- Gelombang diam (*stasioner*). Gelombang ini terjadi jika perut dan simpul gelombang berada di sejumlah posisi tertentu, disebabkan oleh perpaduan dua gelombang berjalan pada arah berlawanan. Contohnya adalah senar gitar yang terikat erat di kedua ujungnya, kemudian dipetik.
- Gelombang berjalan (gelombang yang merambat). Gelombang ini ditandai dengan perut dan simpul gelombang yang posisinya berubah-ubah. Contohnya pada permukaan air yang tenang setelah dilempari batu, maka terjadi gelombang yang merambat di seluruh permukaan air.

(Jati dan Priyambodo, 2009:253).

### 2.1.2 Persamaan Umum Gelombang

Gerak gelombang dapat dinyatakan secara matematis dalam bentuk fungsi sebagai berikut:

$$s = f(x, t) = f(x \pm vt) \quad (2.1)$$

Diperoleh kurva berjalan,  $s = f(x - vt)$  menyatakan kurva bergerak ke kanan dengan kecepatan  $v$  yang disebut cepat rambat gelombang. Sama halnya untuk  $s = f(x + vt)$  menyatakan kurva bergerak ke kiri dengan kecepatan  $v$ . Jika  $s = f(x, t)$  berbentuk sinusoida atau fungsi harmonik, maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$s = f(x, t) = s_0 \sin k(x - vt) \quad (2.2)$$

(Sarojo, 2011:3).

### 2.1.3 Persamaan Diferensial Gerak Gelombang

Perambatan gelombang tanpa distorsi dapat ditentukan jika diketahui medan gelombang sebagai fungsi waktu. Oleh karena medan berhubungan dengan proses-proses fisis dan diatur oleh hukum-hukum dinamika, maka gerak gelombang dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan diferensial. Digunakan persamaan diferensial yang berlaku umum untuk semua macam gerak gelombang. Persamaan gerak gelombang dengan cepat rambat  $v$  dan tanpa distorsi sepanjang sumbu  $x_+$  dan  $x_-$  adalah:

$$\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} \quad (2.3)$$

(Sarojo, 2011:6).

Berdasarkan persamaan 2.3, diketahui bahwa solusi persamaan umum gelombang terdiri atas variabel posisi ( $x$ ) dan waktu ( $t$ ). Fungsi tersebut dapat dituliskan sebagai  $s = f_1(x - vt)$ . Bentuk fungsi  $s = f_2(x + vt)$  juga dapat menjadi solusi persamaan umum gelombang. Solusi lengkap dari persamaan 2.5 juga dapat dinyatakan sebagai superposisi dua gelombang. Fungsi tersebut dapat dituliskan sebagai:

$$s(x, t) = f_1(x - vt) + f_2(x + vt) \quad (2.4)$$

(Pain, 1995:105).

Untuk gelombang yang hanya merambat pada satu arah, maka hanya satu dari dua fungsi yang muncul dalam persamaan 2.4 yang diperlukan. Jika gelombang merambat dalam arah  $x$  positif dan gelombang pantul pada arah  $x$  negatif, bentuk umum dari persamaan 2.4 harus dipakai (Sarojo, 2011:5-6).

## 2.2 Bunyi

### 2.2.1 Pengertian Bunyi

Bunyi didefinisikan sebagai gelombang mekanis longitudinal yang merambat dan sumbernya berupa benda yang bergetar (Jati dan Priyambodo, 2009:256). Bunyi atau suara juga dapat didefinisikan sebagai serangkaian gelombang yang merambat dari sumber getar sebagai akibat perubahan kerapatan dan juga tekanan udara (Gabriel, 1996). Satwiko (2005:31) menjelaskan pengertian bunyi sebagai gelombang getar mekanis di dalam udara ataupun pada benda padat, yang dalam prosesnya menghasilkan suara dan dapat didengar oleh telinga manusia dalam keadaan normal dengan rentangnya antara 20-20.000 Hz.

Ada dua aspek dari bunyi yang didengar oleh telinga manusia. Aspek ini adalah kenyaringan dan ketinggian. Kenyaringan (*loudness*) berhubungan dengan energi pada gelombang bunyi. Ketinggian (*pitch*) bunyi menyatakan apakah bunyi tersebut tinggi seperti bunyi suling dan biola, atau apakah bunyi tersebut rendah seperti bunyi bass dan drum. Besaran fisika yang menentukan ketinggian adalah frekuensi. Jangkauan pendengaran telinga manusia sebesar 20 Hz hingga 20.000 Hz. Suatu kecenderungan bahwa semakin bertambah usia seseorang, maka orang tersebut semakin tidak bisa mendengar bunyi dengan frekuensi tinggi (Giancoli, 2001:409).

Selain bunyi dengan rentang frekuensi pada jangkauan pendengaran manusia, terdapat pula bunyi yang berada di atas dan di bawah jangkauan pendengaran. Bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik dan hanya dapat didengar beberapa hewan tertentu, seperti kelelawar. Sedangkan bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik. Bunyi ini tidak dapat dideteksi oleh telinga manusia namun dapat menyebabkan kerusakan dalam tubuh manusia. Bunyi infrasonik dapat bersumber dari gempa bumi, gunung berapi, dan gelombang yang dihasilkan mesin-mesin yang berat (Giancoli, 2001:409-410).

Ketika melewati medium yang homogen, bunyi akan merambat ke segala arah dengan kecepatan rambat yang tetap. Kecepatan rambat bunyi bergantung pada kerapatan partikel zat medium yang dilaluinya. Sementara itu, kerapatan partikel ditentukan pula oleh susunan partikel, temperatur, dan kandungan partikel lain

dalam zat. Bunyi merambat lebih cepat pada medium dengan susunan partikel yang stabil. Gelombang bunyi juga merambat lebih cepat dalam medium dengan suhu tinggi dibanding dalam suhu rendah (Mediastika, 2005:7). Kelajuan bunyi bertambah bila suhu medium bertambah atau medium itu lebih rapat. Arah rambat bunyi juga berubah akibat perubahan suhu. Peristiwa tersebut disebut pembiasan bunyi. Contohnya pada malam hari, suhu udara bagian bawah lebih panas dibanding bagian atas, sehingga bunyi lebih cepat sampai ke pendengar dengan lintasan melengkung (membias) ke bawah. Pada siang hari, lintasan gelombang bunyi adalah membias ke atas. Sebab, suhu udara bagian atas lebih panas dibanding bagian bawah. Hal ini menyebabkan gelombang bunyi terdengar lebih lemah pada siang hari dibanding pada malam hari (Jati dan Priyambodo, 2009:259).

Suptandar (dalam Fitriya, 2013:10) menjelaskan bahwa dalam ruang tertutup, bunyi yang keluar dari sumber menyebar ke segala arah, dengan karakteristik yang berbeda dengan perambatan suara di ruang terbuka. Gelombang bunyi dapat merambat langsung melalui udara dari sumber ke telinga manusia. Gelombang bunyi juga dapat terpantul terlebih dahulu oleh permukaan bangunan, menembus dinding atau merambat melalui struktur bangunan. Beberapa kondisi bunyi dalam ruang tertutup, antara lain: bunyi merambat secara langsung, bunyi dipantulkan oleh dinding, bunyi diserap oleh lapisan permukaan dinding, dan bunyi merambat melalui struktur bangunan.

Berdasarkan pengertian tersebut, bunyi dapat didefinisikan sebagai gelombang mekanis longitudinal yang merambat dari sumber getar melalui sebuah medium dan dapat didengar oleh manusia dengan rentang frekuensi antara 20-20.000 Hz. Bunyi dengan frekuensi di atas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Sedangkan bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik. Bunyi merambat dengan memindahkan energi. Selama merambat frekuensi bunyi bernilai tetap, yang berubah hanyalah kelajuan dan panjang gelombangnya. Bunyi yang merambat pada ruang tertutup dapat diterima secara langsung dari sumber ke pendengar, dapat dipantulkan oleh dinding, dan dapat diserap oleh lapisan permukaan struktur bangunan.

### 2.2.2 Intensitas dan Tingkat Intensitas Bunyi

Giancoli (2001:410) mendefinisikan intensitas bunyi sebagai energi yang dibawa oleh gelombang bunyi per satuan waktu melalui perubahan tiap satuan luas. Intensitas berbanding lurus dengan amplitudo gelombang dan memiliki satuan Watt/meter<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>).

$$I = P/A \quad (2.5)$$

Intensitas gelombang bunyi berhubungan dengan massa jenis, kecepatan gerak medium, frekuensi, dan amplitudo gelombang. Hal ini bisa ditunjukkan dengan perhitungan secara matematis. Dimulai dari definisi intensitas, dimana daya merupakan energi (kinetik maupun elastik) tiap satuan waktu, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I &= \frac{P}{A} \\ I &= \frac{E/T}{A} \\ I &= \frac{(K + U_s)/T}{A} \end{aligned} \quad (2.6)$$

dimana K merupakan energi kinetik dan  $U_s$  merupakan energi elastik gelombang bunyi, yang nilainya selalu positif. Kedua energi dapat dituliskan secara terpisah.

$$\begin{aligned} P &= \frac{E}{T} \\ P &= \frac{K + U_s}{T} \\ P &= \frac{K}{T} + \frac{U_s}{T} \end{aligned}$$

Gelombang mekanis dalam medium kontinu dapat dianggap sebagai kumpulan tak terbatas dari osilator harmonik yang sangat kecil. Massa kecil terhubung dengan massa kecil lainnya. Energi total rata-rata merupakan dua kali rata-rata energi kinetik atau dua kali rata-rata energi elastik gelombang.

$$P = \frac{2K}{T} = \frac{2U_s}{T}$$

diketahui bahwa:

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

partikel dalam gelombang longitudinal dipindahkan dari posisi awal mereka dalam bentuk fungsi yang berosilasi terhadap ruang dan waktu:

$$\Delta x(x, t) = \Delta x \sin \left[ 2\pi \left( ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

ambillah turunan waktu untuk mendapatkan kecepatan partikel dalam medium:

$$\begin{aligned}v(x, t) &= \frac{\partial}{\partial t} \Delta x(x, t) \\v(x, t) &= 2\pi f \Delta x \cos \left[ 2\pi \left( ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \\v^2(x, t) &= 4\pi^2 f^2 \Delta x^2 \cos^2 \left[ 2\pi \left( ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad (2.7)\end{aligned}$$

kita ketahui bahwa:

$$m = \rho V = \rho A \Delta x$$

dapat dituliskan:

$$\begin{aligned}K &= \int_0^\lambda dK(x, 0) \\K &= \int_0^\lambda d \frac{1}{2} m v^2(x, 0) \\K &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} (\rho A \Delta x) v^2(x, 0) \\K &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} (\rho A) (4\pi^2 f^2 \Delta x^2) \cos^2 \left[ -2\pi \frac{x}{\lambda} \right] dx \quad (2.8)\end{aligned}$$

tinjau konstanta:

$$\frac{1}{2} (\rho A) (4\pi^2 f^2 \Delta x^2) = 2\pi^2 \rho A f^2 \Delta x^2$$

lakukan perhitungan integral kosinus kuadrat:

$$\begin{aligned}\int_0^\lambda \cos^2 \left[ -2\pi \frac{x}{\lambda} \right] dx &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} \left[ -\cos 2 \cdot 2\pi \frac{x}{\lambda} + 1 \right] dx \\&= \frac{1}{2} \left[ \int_0^\lambda \left( -\cos 4\pi \frac{x}{\lambda} \right) dx + \int_0^\lambda 1 dx \right] \\&= \frac{1}{2} \left[ \left( -\frac{1}{4\pi\lambda} \sin 4\pi x \right)_0^\lambda + (x)_0^\lambda \right] \\&= \frac{1}{2} \left[ \left( -\frac{1}{4\pi\lambda} \sin 4\pi\lambda \right) + \lambda \right] \\&= \frac{1}{2} (\lambda)\end{aligned}$$

masukkan konstanta bersama dengan integral dan bagi satu periode untuk mendapatkan energi kinetik rata-rata (ingat bahwa panjang gelombang dibagi periode adalah kecepatan gelombang).

$$\begin{aligned}\frac{K}{T} &= \left[ (2\pi^2 \rho A f^2 \Delta x^2) \left( \frac{1}{2} \lambda \right) \right] \frac{1}{T} \\ \frac{K}{T} &= \pi^2 \rho A f^2 v \Delta x^2\end{aligned}$$

masukkan persamaan di atas ke dalam rumus intensitas bunyi.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{P}{A} = \frac{2K/T}{A} \\
 I &= \frac{2(\pi^2 \rho A f^2 v \Delta x^2)}{A} \\
 I &= 2\pi^2 \rho f^2 v \Delta x^2
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

jika kita ingin mengetahui hubungan antara intensitas dengan tekanan, persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I = \frac{4\pi^2 \rho^2 f^2 v^2 \Delta x^2}{2\rho v} \tag{2.9 a}$$

$$I = \frac{(2\pi \rho f v \Delta x)^2}{2\rho v} \tag{2.9 b}$$

lihatlah angka dan huruf dalam kurung di bagian pembilang, pada Persamaan (2.9 b)

$$2\pi \rho f v \Delta x$$

lihatlah unit masing-masing satuan dari besaran fisika  $\rho f v \Delta x$ , yaitu:

$$\begin{aligned}
 \rho f v \Delta x &= \left[ \frac{m}{v} \frac{1}{T} \frac{x}{t} \frac{\Delta x}{1} \right] \\
 &= \left[ \frac{kg}{m^3} \frac{1}{s} \frac{m}{s} \frac{m}{1} \right] \\
 &= \left[ \frac{kg}{m \cdot s^2} \right] \\
 &= \left[ \frac{kg \cdot m}{m^2 \cdot s^2} \right] \\
 &= \left[ \frac{N}{m^2} \right] \\
 &= [Pa]
 \end{aligned}$$

satuan akhir yang didapat adalah pascal, dimana pascal merupakan satuan dari tekanan. Dengan memasukkan perubahan tekanan ( $\Delta p$ ) ke dalam Persamaan (2.9 b), maka didapatkan persamaan yang menghubungkan intensitas dengan tekanan, yaitu:

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{(2\pi \rho f v \Delta x)^2}{2\rho v} \\
 &= \frac{\Delta P^2}{2\rho v}
 \end{aligned}
 \tag{2.10}$$

dimana:

$I$  = Intensitas ( $W/m^2$ )

$\Delta P$  = Amplitudo tekanan (Pa)



$\rho$  = Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )  
 $v$  = Kecepatan gelombang (m/s)

(Elert, 2017).

Berdasarkan pembuktian rumus di atas, kita ketahui bahwa penurunan rumus di atas berasal dari solusi persamaan umum gelombang. Dapat disimpulkan bahwa intensitas bunyi berbanding lurus dengan frekuensi gelombang, cepat rambat gelombang, massa jenis medium, perpindahan gelombang, dan tekanan. Semakin besar nilai masing-masing besaran di atas, maka semakin besar pula nilai intensitas bunyi yang dihasilkan.

Pada pembahasan mengenai tingkat intensitas bunyi, kita ketahui bahwa telinga manusia sensitif terhadap berbagai intensitas bunyi. Maka dari itu digunakan skala intensitas logaritmik ( $\beta$ ), yang didefinisikan dengan persamaan:

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0} \text{ (definisi dari tingkat intensitas bunyi)} \quad (2.11)$$

di mana pada persamaan ini,  $I_0$  merupakan intensitas bunyi acuan yang ditetapkan sebesar  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ , berdasarkan ambang batas minimal pendengaran manusia sebesar 1000 Hz. Tingkat intensitas bunyi dinyatakan dalam decibel (dB). Nilai satu desibel sama dengan  $\frac{1}{10}$  bel (Young dan Freedman, 2012:521).

Tingkat intensitas bunyi untuk sejumlah bunyi yang umum, diketahui sebagai berikut:

Tabel 2.1 Beberapa tingkat intensitas bunyi

Sumber Bunyi	Tingkat Intensitas (dB)	Penggolongan
Jet lepas landas (60 m)	120	Tak tertahankan
Lokasi konstruksi	110	
Teriakan (1.5 m)	100	
Truk berat (15 m)	90	Sangat bising
Jalan perkotaan	80	
Interior mobil	70	Bising
Percakapan normal (1 m)	60	
Kantor, ruang kelas	50	Normal
Ruang keluarga	40	
Kamar tidur di malam hari	30	Sunyi
Studio siaran	20	
Gemerisik daun	10	Nyaris tak terdengar
	0	

(Rossing, 1990:86).

### 2.2.3 Tingkat Tekanan Bunyi

Young dan Freedman (2012:510) menjelaskan bahwa gelombang bunyi juga dapat digambarkan sebagai perubahan tekanan di berbagai titik. Dalam gelombang bunyi di udara, tekanan berfluktuasi membentuk rapatan dan renggangan. Tekanan atmosfer ( $P_A$ ) pada fluktuasi gelombang bunyi di udara memiliki frekuensi yang sama dengan gerak partikel udara.

Prasetio (1985 dalam Wafiroh, 2013:6) menyatakan bahwa tekanan bunyi merupakan penyimpangan pada tekanan atmosfer yang disebabkan oleh getaran partikel udara karena adanya gelombang bunyi. Skala standar yang digunakan untuk mengukur tekanan bunyi dalam akustik fisis mempunyai jangkauan yang luas sehingga susah digunakan. Skala diukur secara logaritmik yang disebut dengan skala desibel (dB). Terdapat kata *Bel* dituliskan untuk menghormati Alexander Graham Bell.

Skala desibel dari tingkat bunyi ditetapkan dengan membandingkan bunyi acuan dengan amplitudo tekanan  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Newton/meter<sup>2</sup>, yang ditetapkan sebagai tingkat tekanan bunyi 0 dB. Jadi *sound pressure level* (SPL atau  $L_p$ ) atau tingkat tekanan bunyi, dapat dituliskan sebagai:

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\Delta p^2}{2\rho v} \\
 \log \frac{I}{I_0} &= \log \left( \frac{(\Delta p^2)/(2\rho v)}{(\Delta p_0^2)/(2\rho v)} \right) \\
 \log \frac{I}{I_0} &= \log \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^2 \\
 \log \frac{I}{I_0} &= 2 \log \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right) \\
 10 \log \frac{I}{I_0} &= 20 \log \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right) \\
 L_p &= 20 \log \left( \frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right) \tag{2.12}
 \end{aligned}$$

(Rossing, 1990:86).

## 2.3 Kebisingan

### 2.3.1 Pengertian Bising

Kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1996:4). Hediyo (2003 dalam Feidihal, 2007:32) menjelaskan bahwa kebisingan dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan dimana durasi, intensitas, dan kualitasnya menyebabkan berbagai dampak terhadap fisiologi atau psikologis manusia serta makhluk lainnya.

Terdapat berbagai macam sumber penyebab kebisingan. Menurut Prasetyo (1985 dalam Wafiroh, 2013:18), sumber bising berdasarkan letaknya dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Sumber bising *interior* yaitu sumber bising yang bersumber dari manusia, alat-alat rumah tangga, atau mesin-mesin gedung.
- Bising *outdoor* yaitu sumber bising yang berasal dari lalu lintas, transportasi, industri, alat-alat mekanis yang terlihat dalam gedung, tempat-tempat pembangunan gedung, perbaikan jalan, kegiatan olahraga dan lain-lain di luar ruangan atau gedung.

Berikut ini merupakan tabel istilah yang digunakan untuk menilai kebisingan suatu tempat:

Tabel 2.2 Beberapa istilah dalam pengukuran kebisingan

Simbol	Pengertian
$L_p$ (A)	Pembobotan-A tingkat tekanan bunyi
$L_{10}$	Pembobotan-A tingkat bunyi lebih dari 10 persen dalam satu waktu
$L_{50}$	Pembobotan-A tingkat bunyi lebih dari 50 persen dalam satu waktu
$L_{90}$	Pembobotan-A tingkat bunyi lebih dari 90 persen dalam satu waktu
$L_{eq}$	Tingkat tekanan bunyi dari kebisingan stabil yang akan memberikan energi total yang sama seperti suara yang diukur
$L_{dn}$	Sama seperti $L_{eq}$ , dengan 10 dB ditambahkan ke bising yang diukur antara pukul 10.00 PM dan 07.00 AM
PNL	Tingkat kebisingan yang dirasakan (digunakan untuk mengukur kebisingan pesawat terbang)
EPNL	Tingkat kebisingan efektif yang dirasakan (digunakan untuk mengukur kebisingan pesawat terbang) memperhitungkan baik kenyaringan maksimum maupun lama waktu kebisingan

(Rossing, 1990:603).

### 2.3.2 Standar Baku Kebisingan

Peraturan menteri kesehatan No. 718 (1987 dalam Setiawan, 2010:193) tentang kebisingan pada kesehatan dibagi menjadi empat zona wilayah yaitu:

- a. Zona A adalah zona untuk rumah sakit, tempat perawatan kesehatan atau sosial. Intensitas tingkat kebisingannya berkisar 35-45 dB.
- b. Zona B adalah untuk perumahan, tempat pendidikan, tempat ibadah, dan rekreasi. Membatasi angka kebisingan antara 45-55 dB.
- c. Zona C antara lain perkantoran, pertokoan, perdagangan, pasar. Dengan kebisingan sekitar 50-60 dB.
- d. Zona D untuk lingkungan industri, pabrik, stasiun kereta api, dan terminal bus. Tingkat kebisingan berkisar 60-70 dB.

Berikut ini merupakan beberapa penggolongan kebisingan berdasarkan tempat:

Tabel 2.3 Baku tingkat kebisingan di beberapa tempat

Peruntukan Kawasan/ Lingkungan Kegiatan		Tingkat Kebisingan dB (A)
a.	Peruntukan kawasan	
	1. Perumahan dan pemukiman	55
	2. Perdagangan dan Jasa	70
	3. Perkantoran dan Perdagangan	65
	4. Ruang Terbuka Hijau	50
	5. Industri	70
	6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
	7. Rekreasi	70
	8. Khusus	
	- Bandar Udara *)	
	- Stasiun Kereta Api *)	
	- Pelabuhan Laut	70
	- Cagar Budaya	60
b.	Lingkungan Kegiatan	
	1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
	2. Sekolah atau sejenisnya	55
	3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55

\*) disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan

(KEPMEN LH, 1996).

### 2.3.3 Dampak Kebisingan

Kebisingan yang terpapar pada manusia biasanya memberikan dampak yang mengganggu, misalnya saja gangguan pendengaran. Gangguan pendengaran

merupakan perubahan yang terjadi pada tingkat pendengaran yang mengakibatkan kesulitan dalam menjalani kehidupan normal. Gangguan pendengaran biasanya terjadi saat memahami suatu pembicaraan (Buchari, 2007).

Rossing (1990:615) dalam bukunya yang berjudul “*The Science of Sound*”, menjelaskan bahwa kebisingan berdampak buruk terhadap aktivitas manusia. Selain menyebabkan gangguan pendengaran sementara dan permanen, kebisingan juga dapat mengganggu cara berkomunikasi seseorang, mengganggu kenyamanan ketika tidur, mengurangi efisiensi kerja manusia, dan memberi banyak efek fisiologis lain dalam kehidupan manusia. Gabriel (1993 dalam Setiawan, 2010:194) menyatakan bahwa pengaruh utama dari kebisingan adalah pada indera pendengar, dimana kerusakan yang timbul terdiri dari: 1) Hilangnya pendengaran secara sementara dan dapat pulih kembali apabila bising tersebut dapat dihindarkan, 2) Orang menjadi kebal terhadap bising, 3) Telinga berdengung, dan 4) Kehilangan pendengaran secara menetap dan tidak pulih kembali. Selain itu, kebisingan juga menyebabkan hilangnya konsentrasi dan meningkatnya kelelahan pada frekuensi bunyi yang rendah. Sedangkan pada frekuensi tinggi dapat menyebabkan salah tafsir saat berbicara dengan orang lain.

Berdasarkan deskripsi mengenai dampak kebisingan di atas, dapat disimpulkan bahwa kebisingan memberi efek buruk dalam kehidupan manusia. Selain berdampak pada menurunnya kemampuan indera pendengar, kebisingan juga dapat menimbulkan beberapa efek fisiologis lain pada tubuh manusia, misalnya: gangguan saat tidur, hilangnya konsentrasi, dan meningkatnya kelelahan yang dialami manusia akibat terpapar bising terlalu lama.

#### 2.3.4 Alat Ukur Bising

Arkundato, dkk. (2007:19) menjelaskan bahwa pengukuran merupakan proses untuk mendapatkan data untuk besaran fisis yang diukur. Sebuah alat ukur yang ideal harus mempunyai kriteria atau sifat-sifat yang akurat, presisi, dan memiliki sensitivitas tinggi. Akurasi menunjukkan seberapa dekat hasil ukur dibandingkan dengan nilai standar yang ada. Proses membandingkan hasil ukur dengan nilai standar yang ada disebut kalibrasi.

Pada pengukuran kebisingan, digunakan alat yang disebut *sound level meter*. Alat ini digunakan untuk mengukur kebisingan antara 30-130 dB dan dari frekuensi 20-20.000 Hz. *Sound Level Meter* digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi. Bagian-bagiannya terdiri dari mikrofon, amplifier, beberapa jenis sirkuit, dan sebuah pengkalibrasi hasil pengukuran menjadi decibel (Rossing, 1990:86).

SLM dibuat menggunakan jaringan pembobotan-A; disimbolkan sebagai  $L_p(A)$  atau  $SPL(A)$  dalam satuan dB. Penulisan dBA atau dB(A) sering digunakan untuk menunjukkan pembobotan-A dari SLM. Banyak SLM yang mempunyai tanggapan cepat dan pelan. Tanggapan pelan untuk mengukur tingkat bunyi rata-rata. Di dalam gedung, pembobotan-C SLM mungkin menjadi jauh lebih tinggi daripada pembobotan-A SLM, dikarenakan frekuensi mesin yang rendah, dimana telinga manusia yang agak tidak peka terhadap perubahan intensitas bunyi. Untuk banyak tujuan, pembobotan-A SLM banyak digunakan untuk pengukuran dengan hasil kesalahan (*error*) yang tidak terlalu banyak (Rossing, 1990:93).



Gambar 2.2 *Sound level meter* (Sumber: <http://www.toolstop.co.uk/sealey-ta060-sound-level-meter-p58476>)

#### 2.4 Mikrokontroler

Dalam bukunya yang berjudul “Mekatronika”, Adi (2010:105-106) menjelaskan bahwa mikrokontroler pada dasarnya merupakan komputer dalam satu *chip* yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Adi juga menjelaskan bahwa kecepatan pengolah data pada mikrokontroler lebih rendah dibandingkan PC. Kecepatan mikroprocessor pada PC mencapai GHz, sedangkan pada mikrokontroler antara 1-16 MHz. Kapasitas mikroprosesor dan mikrokontoler juga berbeda. Pada RAM dan

ROM PC, kapasitasnya mencapai orde Gbyte. Sedangkan pada mikrokontroler hanya berkisar orde byte/Kbyte.

Secara khusus dapat dikatakan bahwa mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Dalam hal penggunaannya, sistem mikrokontroler lebih banyak dipakai pada aplikasi yang deterministik. Artinya sistem ini dipakai untuk keperluan yang tertentu saja, misalkan sebagai pengontrol PID pada instrumentasi industri, pengontrol komunikasi data pada sistem kontrol terdistribusi, dan sebagainya (Tuwaidan, 2015:40).

Penggunaan mikrokontroler antara lain pada bidang-bidang berikut:

- a. Otomotif: *Engine Control Unit*, *Air Bag*, speedometer, dan sistem pengaman alarm
- b. Perlengkapan rumah tangga dan perkantoran: *remote control*, mesin cuci, dan *microwave*
- c. Pengendali peralatan di industri
- d. Robotika

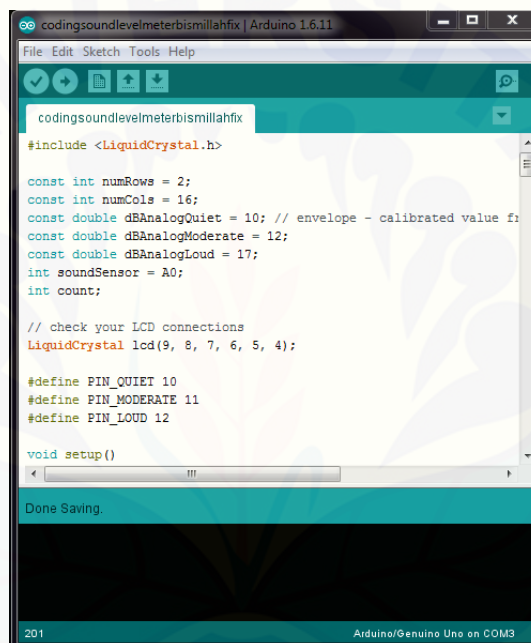
Contoh mikrokontroler yang banyak digunakan adalah mikrokontroler 8 bit, dengan merk Motorola 68HC05/11, Intel 8051, Microchip PIC 16, dan yang akhir-akhir ini sangat populer dari keluarga Atmel AVR (Adi, 2010:105-106).

Dengan adanya mikrokontroler, pembuatan alat elektronika menjadi lebih mudah. Selain pengoperasiannya yang mudah, harga mikrokontroler juga dinilai murah. Adanya terobosan teknologi mikrokontroler inilah yang menjadi salah satu faktor kemajuan di bidang elektronika yang semakin pesat pada saat ini.

## 2.5 Modul Arduino Uno

Arduino adalah sebuah papan elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk para seniman, desainer, penggemar elektronika, dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif (sumber dari: <https://www.arduino.cc/>).

Banzi (2011 dalam Artanto, 2012:1) menuliskan bahwa arduino merupakan *platform* komputasi fisik (*Physical Computing*) yang *open source* pada *board input* sederhana. Definisi *platform* komputasi fisik adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespons situasi dan kondisi di dunia nyata. Nama Arduino tidak hanya digunakan untuk menamai *board* rangkaiannya, tapi juga untuk bahasa dan *software* pemrogramannya, serta lingkungan pemrogramannya atau disebut sebagai *Integrated Development Environment* (IDE arduino).



```
codingsoundlevelmeterbismillahfix | Arduino 1.6.11
File Edit Sketch Tools Help
codingsoundlevelmeterbismillahfix
#include <LiquidCrystal.h>

const int numRows = 2;
const int numCols = 16;
const double dBAnalogQuiet = 10; // envelope - calibrated value f:
const double dBAnalogModerate = 12;
const double dBAnalogLoud = 17;
int soundSensor = A0;
int count;

// check your LCD connections
LiquidCrystal lcd(9, 8, 7, 6, 5, 4);

#define PIN_QUIET 10
#define PIN_MODERATE 11
#define PIN_LOUD 12

void setup()
Done Saving
201 Arduino/Genuino Uno on COM3
```

Gambar 2.3 Software IDE Arduino

Pada buku berjudul “Robot Cerdas Berbasis *Speech Recognition* Menggunakan Matlab dan Arduino”, dijelaskan bahwa komponen utama dalam papan arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya. Sebagai contoh arduino uno menggunakan ATmega328, sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560 (Sanjaya, 2016:39).

Arduino/Genuino Uno adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega328P, yang memiliki 14 digital pin *input/output* (dimana 6 di antaranya



dapat digunakan sebagai PWM *output*), 6 analog *input*, 16 MHz *crystal oscillator*, USB *connection*, *power jack*, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Detail arduino uno dapat dilihat pada tabel 2.3, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.4 Spesifikasi arduino uno

Bagian	Spesifikasi
Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan yang dioperasikan	5V
Tegangan masukan (dianjurkan)	7-12V
Tegangan masukan (batas)	6-20V
Pin digital I/O	14 (menyediakan 6 keluaran PWM)
Pin PWM digital I/O	6
Pin masukan analog	6
Arus DC per I/O pin	20 mA
Arus DC untuk 3.3V pin	50 mA
Flash Memori	32 KB (ATmega328P) yang 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Kecepatan jam	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 g

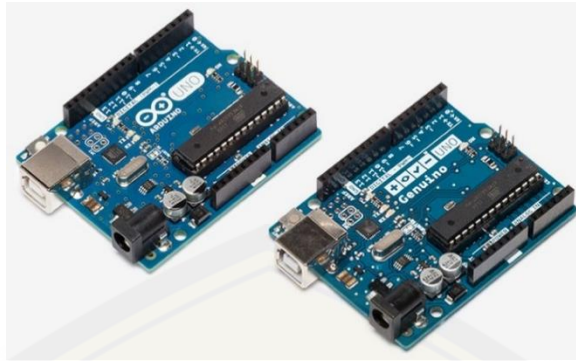
(Sumber: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>)

Kelebihan Arduino uno dibandingkan *platform hardware* mikrokontroler lainnya adalah:

- IDE arduino merupakan *multiplatform*, dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti: windows, macintosh, dan linux
- Bersifat *open source*, sehingga pengguna bisa *men-download software* dan gambar rangkaian tanpa harus membayar ke pembuat arduino
- Harganya cukup murah, mudah dikembangkan, serta mudah dipelajari. Sehingga pemula akan lebih cepat dan mudah dalam mempelajarinya.

(Artanto, 2012:2).

Berdasarkan uraian tentang kelebihan arduino di atas, menjadikan Arduino sebagai mikrokontroler paling populer dan banyak digunakan di seluruh dunia pada saat ini.



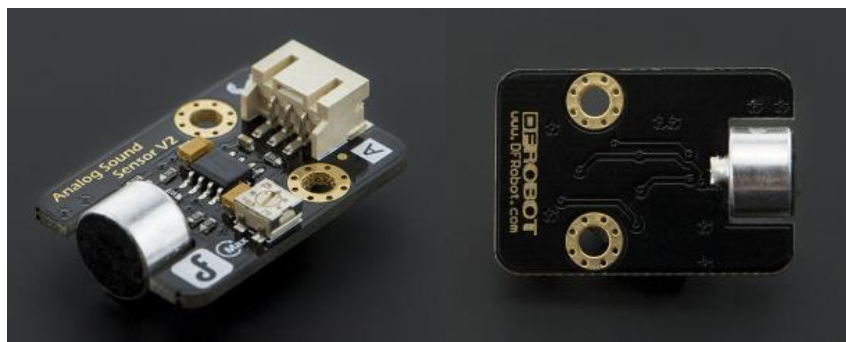
Gambar 2.4 Arduino uno ATmega328P (Sumber: <https://www.arduino.cc/>)

## 2.6 Sensor Suara

Sensor merupakan suatu elemen pada sistem mekatronika yang menerima sinyal masukan berupa besaran fisik dan mengubahnya menjadi sinyal/besaran lain untuk diproses lebih lanjut agar dapat ditampilkan, direkam, atau sebagai sinyal umpan pada sistem kendali. Kebanyakan sensor merubah parameter fisik menjadi sinyal elektrik, sehingga sensor sering disebut sebagai transduser, yaitu piranti pengubah bentuk suatu energi menjadi energi lain. Besaran fisik yang diukur antara lain: posisi, jarak, gaya, regangan, temperatur, getaran, akselerasi, cahaya, suara, dan magnet (Adi, 2010:167).

Sensor suara biasanya digunakan dalam mendeteksi kebisingan suara di lingkungan sekitar. Arduino dapat mengumpulkan sinyal keluaran dari sensor dan menjalankannya secara bersamaan. Sensor suara dapat digunakan untuk membuat beberapa karya interaktif seperti "bertepuk dan berdering" untuk menemukan kunci yang hilang atau membuat *remote control* jika ditambahkan *buzzer*. Sensor ini bekerja dengan menganalisa suara. Spesifikasi alat sebagai berikut:

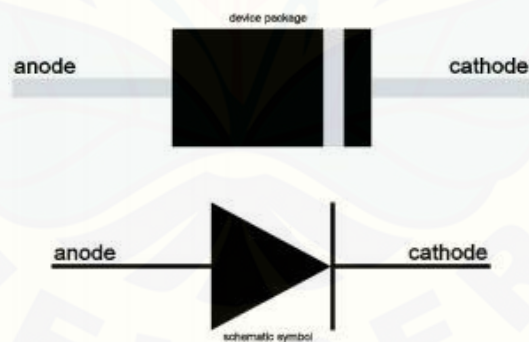
- a. Tegangan sumber : 3.3V sampai 5V
- b. Fungsi : Mendeteksi intensitas bunyi dengan cepat
- c. Antarmuka : Analog
- d. Ukuran : 22 x 32 mm (0.87 x 1.26 inchi)



Gambar 2.5 Sensor suara analog (Sumber: <https://www.dfrobot.com/>)

## 2.7 LED (*Light Emitting Diode*)

Dioda merupakan komponen sederhana yang terbuat dari bahan semikonduktor. Kebanyakan material yang digunakan untuk membuat dioda adalah silikon. Dioda tersusun atas hubungan material tipe P dan tipe N. Sambungan PN ini hanya dapat meneruskan arus jika diberi tegangan bias maju, dengan cara material tipe P (sebagai anoda) dihubungkan dengan terminal positif catu daya, sedangkan material tipe N (sebagai katoda) dihubungkan dengan terminal negatif catu daya. Karakteristik hubungan PN ini menyebabkan dioda digunakan sebagai penyearah arus (Adi, 2010:27-28). Gambar 2.6 di bawah ini menunjukkan bentuk dan lambang dioda:



Gambar 2.6 Bentuk dan lambang LED (*Light Emitting Diodes*) (Sumber: <http://elektronika.dasar.web.id/konsep-dasar-diode/>)

LED (*Light Emitting Diode*) merupakan dioda semikonduktor yang dapat mengeluarkan cahaya. Beberapa warna LED antara lain: merah, hijau, oranye, kuning, dan biru, tersedia dalam berbagai bentuk. Sama seperti dioda, LED merupakan komponen yang aktif menyala jika diberi tegangan bias maju dan tidak aktif jika diberi tegangan bias mundur. Pada gambar 2.7, ditunjukkan gambar dioda.

Kaki yang lebih panjang merupakan anoda, dihubungkan dengan kutub +, dan kaki yang lebih pendek adalah katoda, dihubungkan dengan kutub – (Adi, 2010:149).



Gambar 2.7 LED (*Light Emitting Diodes*) (Sumber: <https://www.sparkfun.com/products/11372>)

Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik, LED tidak akan menyala. Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED, maka semakin terang cahaya yang dihasilkan. Namun, arus yang diperbolehkan berkisar antara 20 mA – 40 mA dan tegangan 1,6 Volt – 3,5 Volt menurut karakter warna yang dihasilkan. Berikut ini merupakan tegangan kerja pada sebuah LED, berdasarkan warna yang dihasilkan:

1. Infra merah : 1,6 V
2. Merah : 1,8 V – 2,1 V
3. Oranye : 2,2 V
4. Kuning : 2,4 V
5. Hijau : 2,6 V
6. Biru : 3,0 V – 3,5 V
7. Putih : 3,0 V – 3,6 V
8. Ultraviolet : 3,5 V

(Ariyanto, 2016:11-12).

## 2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Nurchayyo (dalam Fitriandi, dkk., 2016:93) menuliskan bahwa LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu perangkat elektronika yang telah terkonfigurasi dalam wadah plastic atau kaca sehingga mampu memberikan tampilan berupa titik, garis, simbol, huruf, angka, maupun gambar. LCD terbagi menjadi dua macam berdasarkan bentuk dan tampilannya, yaitu *Text-LCD* dan *Graphic-LCD*. Tampilan

pada *Text*-LCD berupa huruf dan angka. Sedangkan bentuk tampilan pada *Graphic*-LCD berupa titik, garis, dan gambar.

Hartono (2013:27) dalam tulisannya menjelaskan bahwa LCD berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil deteksi oleh sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD M1632. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16 x 2 baris dengan konsumsi daya rendah.

Saat ini, LCD (*Liquid Crystal Display*) semakin banyak dipergunakan sebagai pengganti rangkaian LED maupun 7 Segmen. Hal ini disebabkan oleh:

- a. Semakin murah harga LCD
- b. LCD dapat digunakan untuk menampilkan berbagai macam karakter seperti angka, huruf, dan grafik
- c. Pemrograman LCD yang semakin mudah
- d. Daya yang diperlukan rendah

(Adi, 2010:155).



Gambar 2.8 Tampilan LCD (Sumber: <https://www.sparkfun.com/products/13293>)

## 2.9 *Micro SD Module*

SD modul atau *SD Card Shield* merupakan modul yang digunakan untuk mengirim data ke *SD card*. *Pinout* dari SD modul dapat dihubungkan ke Arduino maupun mikrokontroler lainnya, sehingga bermanfaat untuk menambah kapasitas penyimpanan data dan pencatatan data (*data logger system*). Modul ini dapat langsung dihubungkan pada Arduino. Keistimewaan dari SD modul ini adalah:

- a. Terdapat modul untuk standar *SD card* dan *micro SD (TF) card*
- b. Terdapat *switch* untuk memilih *flash card slot*

- c. Dapat dipasang langsung pada Arduino
- d. Dapat digunakan untuk mikrokontroler lain

(Hartono, 2013:25-26).

Gambar 2.7 menunjukkan modul *Micro SD (TF)* dari DFRobot. *Micro SD Module* ini sesuai dengan kartu TF SD (biasa digunakan di handphone) dan merupakan kartu yang paling kecil di pasar. SD modul dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti data *logger*, audio, video, grafis. Modul ini akan sangat memperluas kapasitas arduino dengan penggunaan memori yang kecil. Modul ini memiliki antarmuka SPI dan *5V power supply* yang sesuai dengan arduino UNO/Mega. *SD Card Shield* atau SD Modul merupakan solusi untuk mengirim data ke *SD card*. Keistimewaan dari *Micro SD Module* ini adalah:

- a. Bekerja pada tegangan : 5V
- b. Ukuran : 20 x 28mm (0.79 x 1.10")
- c. *Interface* : SPI
- d. Sesuai digunakan untuk : MicroSD(TF)



Gambar 2.9 SD modul (SKU: DFR0071) (Sumber: [www.dfrobot.com](http://www.dfrobot.com))

## 2.10 *Micro SD*

Memori eksternal merupakan memori tambahan yang berfungsi untuk menyimpan data atau program. Memori eksternal menyimpan data dalam media fisik berbentuk kaset atau disk. Konsep dasar memori eksternal adalah menyimpan data pada saat komputer aktif maupun saat tidak aktif. Memori eksternal didefinisikan juga sebagai perangkat keras yang digunakan untuk melakukan operasi penulisan, pembacaan, dan penyimpanan data di luar memori utama, dengan dua tujuan utama yaitu sebagai penyimpan permanen untuk membantu

fungsi RAM dan untuk menyimpan data yang berkapasitas tinggi bagi penggunaan jangka panjang (Yasa, 2011:3).

Salah satu contoh memori eksternal adalah *SD Card*. *SD Card* merupakan salah satu bagian untuk menyusun suatu *data logger system*. Kita dapat menyimpan data jangka panjang pada *SD card*. Perbandingan kapasitas penyimpanan pada arduino dan *chip SD card* sangat jauh berbeda. *Chip* arduino memiliki penyimpanan permanen EEPROM yang memiliki kapasitas hanya beberapa ratus byte, sangat kecil dibandingkan dengan kapasitas data yang dapat ditampung *SD card* sebesar beberapa *gigabyte*. Harga *SD card* sangat murah dan mudah untuk didapatkan di berbagai toko elektronik. *SD card* merupakan pilihan yang tepat untuk penyimpanan data jangka panjang dengan kapasitas besar (Earl, 2017:41).

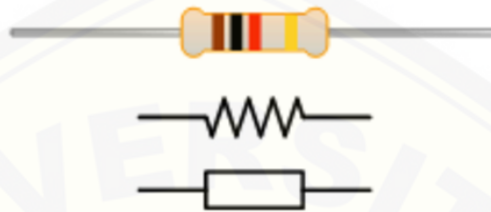
Hartono (2013:28) dalam tulisannya menjelaskan bahwa “*SD Card* adalah kartu memori *non-volatile* yang dikembangkan oleh *SD Card Association* yang digunakan dalam perangkat *portable*. Saat ini, teknologi *micro SD* sudah digunakan oleh lebih dari 400 merek produk serta dianggap sebagai standar. Keluarga *SD Card* yang lain terbagi menjadi *SDSC* yang kapasitas maksimum resminya sekitar 2 GB, meskipun beberapa ada yang sampai 4 GB. *SDHC (High Capacity)* memiliki kapasitas dari 4 GB sampai 32 GB. Dan *SDXC (Extended Capacity)* kapasitasnya di atas 32 GB hingga maksimum 2 TB. Dari sudut pandang perangkat, semua kartu ini termasuk kedalam keluarga *SD*. *SD adapter* memungkinkan konversi fisik kartu *SD* yang lebih kecil untuk bekerja di slot fisik yang lebih besar dan pada dasarnya ini adalah alat pasif yang menghubungkan pin dari *SD Card* yang kecil ke pin adaptor *SD Card* yang lebih besar.”



Gambar 2.10 *SD card* (Sumber: <http://www.amazon.in/Sandisk-Class-MicroSDHC-Memory-SDSDQM-008G-B35/dp/B001D0ROGO>)

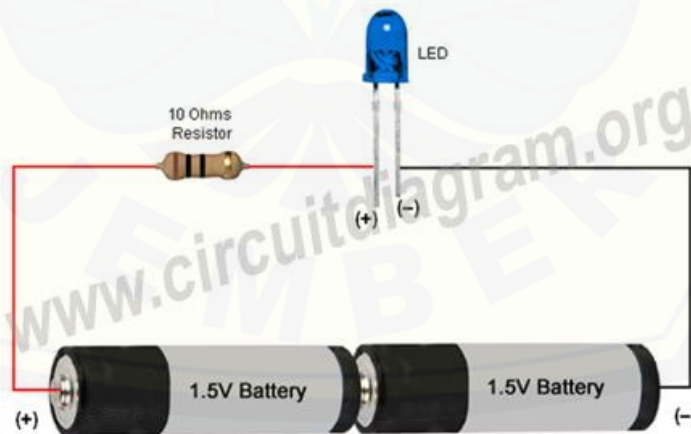
## 2.11 Resistor

Resistor merupakan komponen yang mempunyai sifat resistansi. Pengertian dari resistansi merupakan material yang cenderung menghambat arus listrik. Satuan resistansi adalah Ohm ( $\Omega$ ). Nilai resistor dalam rangkaian bervariasi antara  $0,1 \Omega$  hingga  $10 \text{ M}\Omega$  (Adi, 2010:13). Gambar dan lambang resistor dapat dilihat pada gambar 2.11 berikut:



Gambar 2.11 Resistor dan simbolnya (Sumber: <http://zoniaelektro.net>)

Pada suatu rangkaian elektronika, resistor mempunyai berbagai macam fungsi, antara lain digunakan sebagai pembatas arus, pembagi tegangan, dan pengukuran arus. Setiap komponen elektronika mempunyai batasan arus maksimal yang dapat melewatinya. Resistor pembatas arus digunakan untuk mencegah kerusakan akibat arus yang berlebih. Contoh resistor sebagai pembatas arus yaitu digunakan pada pembatas arus LED (Adi, 2010:17).



Gambar 2.12 Rangkaian resistor sebagai pembatas arus LED (Sumber: <http://www.circuitdiagram.org/simple-basic-led-circuit.html>)

Nilai resistor sebagai pembatas arus LED dapat dihitung menggunakan rumus berikut:



$$R = \frac{V_c - V_{LED}}{i} \quad (2.13)$$

dimana R merupakan nilai resistor ( $\Omega$ ),  $V_c$  merupakan tegangan sumber (volt),  $V_{LED}$  adalah penurunan tegangan oleh LED (volt), dan  $i$  merupakan arus ideal yang diperlukan LED (20 – 40 mA) (Adi, 2010:17).



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kebisingan rata-rata suatu tempat menggunakan SLM (*Sound Level Meter*) disertai sistem data *logger* berbasis arduino uno hasil rancangan peneliti.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember” bertempat di Laboratorium Elektronika FKIP Pendidikan Fisika Universitas Jember, Masjid Sunan Kalijaga yang terletak di jalan Kalimantan Jember, dan di tempat tinggal peneliti. Waktu penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017.

### 3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel

Variabel beserta definisi operasionalnya dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah:
  1. Jarak antara alat ukur dengan sumber bunyi
  2. Waktu pengukuran, yaitu pada siang dan malam hari, menyesuaikan jadwal waktu ibadah sholat
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat intensitas bunyi.
- c. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah alat ukur, yaitu SLM hasil rancangan peneliti.

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel

Untuk memberikan gambaran variabel yang akan diukur dan bagaimana cara pengukurannya, serta menghindari perbedaan persepsi dalam penelitian ini,

maka perlu adanya definisi operasional variabel. Pengertian dari variabel-variabel tersebut antara lain:

a. Tingkat Intensitas Bunyi

Pengukuran tingkat intensitas bunyi pada penelitian ini menghasilkan data akhir berupa  $L_{eq}$ .  $L_{eq}$  (*Equivalent Continuous Noise Level*) atau Tingkat Kebisingan Sinambung Setara ialah nilai tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah (*fluktuatif*) selama waktu tertentu, yang setara dengan tingkat kebisingan dari kebisingan ajeg (*steady*) pada selang waktu yang sama dan memiliki satuan desibel (dB).

b. Alat ukur

Pada pengukuran tingkat intensitas bunyi dalam penelitian ini, digunakan alat ukur berupa SLM (*Sound Level Meter*) rancangan peneliti. Sebelum digunakan, SLM hasil rancangan peneliti diuji keakuratannya dengan cara membandingkan data hasil pengukuran menggunakan SLM rancangan peneliti dengan SLM produksi pabrik.

c. Sumber bunyi

Sumber bunyi pada penelitian ini adalah bunyi yang dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan di jalan raya Kalimantan yang terletak di depan masjid Sunan Kalijaga. Letak sumber bunyi diasumsikan tetap dan tidak berpindah, yaitu 10,12 meter dari bagian pintu masuk utama masjid.

d. Jarak pengukuran dengan sumber bunyi

Alat ukur diletakkan di beberapa titik di dalam masjid Sunan Kalijaga. Penempatan alat dilakukan dengan cara menggeser alat tiap 10 menit sekali. Letak 3 titik pengukuran sebagai berikut:

- 1) Titik 1: Terletak tepat di bagian belakang dari pintu masuk utama masjid. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 10,12 meter.
- 2) Titik 2: Terletak tepat di bagian tengah masjid. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 14,22 meter.
- 3) Titik 3: Terletak tepat di bagian depan mimbar, pada garis tengah masjid. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 18,32 meter.

e. Waktu pengukuran

Pengukuran dilakukan pada waktu ibadah sholat 5 waktu, sholat dhuha, dan sholat tahajud dilaksanakan, yaitu pada siang dan malam hari. Pengukuran pada tiap waktu mewakili rentang pengukuran tertentu, dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) L1 diambil pada jam 08.00 mewakili jam 06.00 – 10.00
- 2) L2 diambil pada jam 11.15 mewakili jam 10.00 – 14.00
- 3) L3 diambil pada jam 14.30 mewakili jam 14.00 – 17.00
- 4) L4 diambil pada jam 17.00 mewakili jam 17.00 – 18.00
- 5) L5 diambil pada jam 18.30 mewakili jam 18.00 – 22.00
- 6) L6 diambil pada jam 22.00 mewakili jam 22.00 – 02.00
- 7) L7 diambil pada jam 04.00 mewakili jam 02.00 – 06.00

Pengukuran tingkat intensitas bunyi (dB) dilakukan selama 10 (sepuluh) menit untuk tiap pengukuran. Pembacaan dilakukan setiap 5 (lima) detik sekali. Hasil bacaan secara otomatis tersimpan dalam sistem data *logger* pada rangkaian alat ukur.

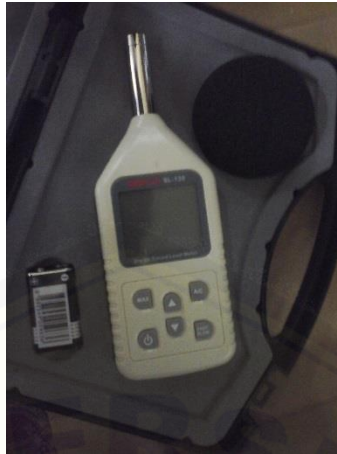
### 3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan untuk meneliti kebisingan antara lain:

a. Seperangkat *Sound Level Meter* (tipe SL-130)

Spesifikasi:

- 1) Merk : DEK-O
- 2) Range pengukuran : 30-130 dB
- 3) Nilai skala terkecil : 1 dB



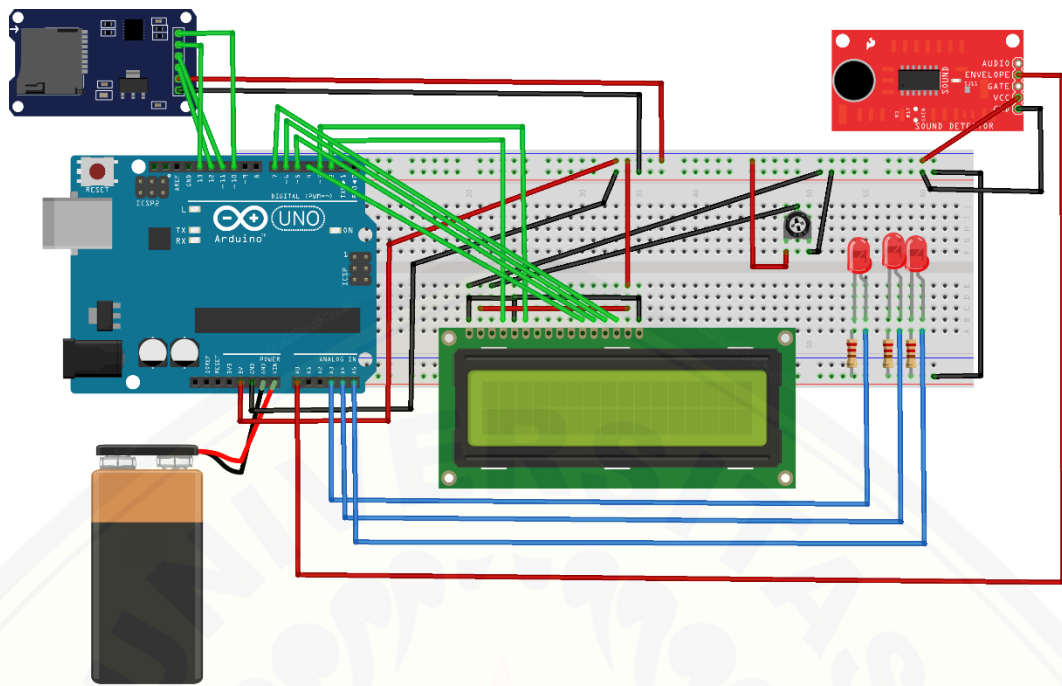
Gambar 3.1 Perangkat *sound level meter digital* tipe SL-130

- b. Arduino uno
- c. *Sound sensor* dengan kode produk KY-037
- d. *SD Module* dengan kode produk SKU-316412
- e. *SD Card* dengan kapasitas 8 GB
- f. LED sebanyak 3 buah dengan warna output merah, kuning, dan hijau, sebagai tanda bahwa sinyal suara telah terdeteksi dengan batas tingkat intensitas yang berbeda-beda pada tiap warna
- g. LCD ukuran 16 x 2
- h. Trimmer Potensiometer (Trimpot) dengan R sebesar  $1K \Omega$  sebanyak 1 buah
- i. *Power Bank* dengan *output voltage* sebesar 5 volt
- j. Resistor  $330 \Omega$  sebanyak 3 buah
- k. Kabel *jumper male to male* dan *female to male*
- l. *Project Board* sebanyak 1 buah
- m. Meteran untuk mengukur jarak antara sumber bising dengan titik pengukuran.

### 3.5 Desain Alat Penelitian

#### 3.5.1 Desain Rangkaian Alat

Penelitian menggunakan desain rangkaian alat seperti pada gambar di bawah ini:

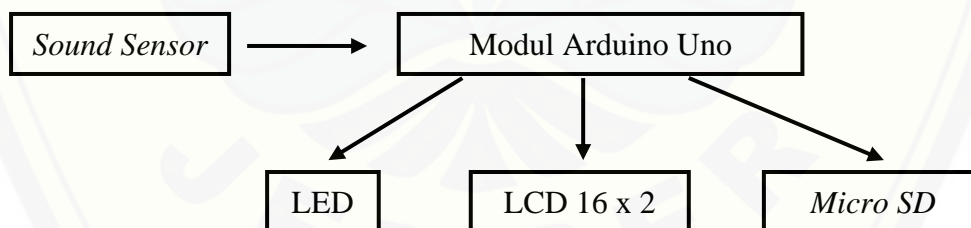


fritzing

Gambar 3.2 Rancangan alat

### 3.5.2 Desain Blok Perancangan Alat

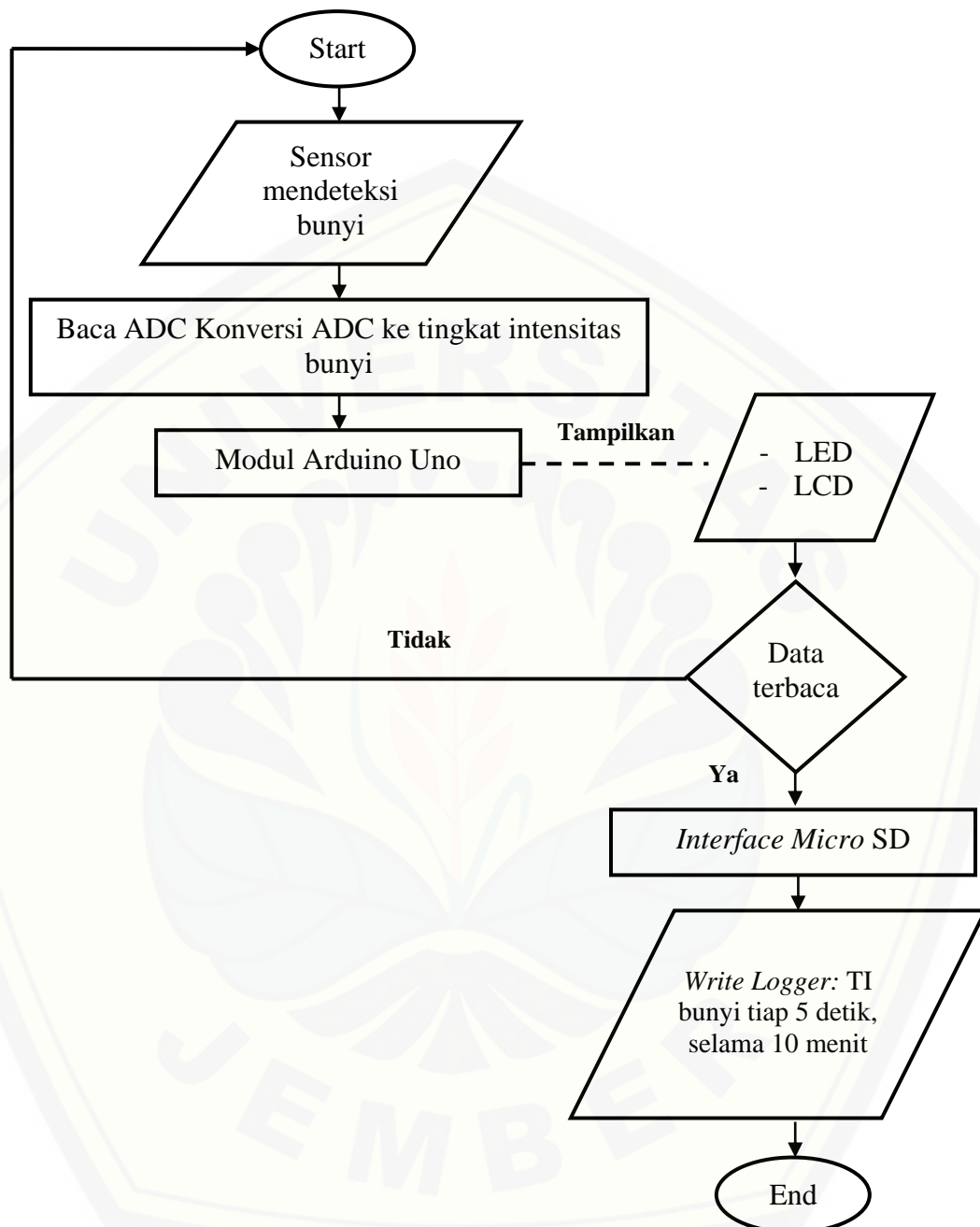
Secara umum, diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.3 di bawah ini:



Gambar 3.3 Diagram blok perancangan alat

Rancangan alat terdiri dari *sound sensor* sebagai input pendeteksi bunyi, arduino uno sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali rangkaian, LED dan LCD sebagai *output* tampilan, dan sistem data *logger* sebagai *output* penyimpanan data yang telah didapat selama pengukuran.

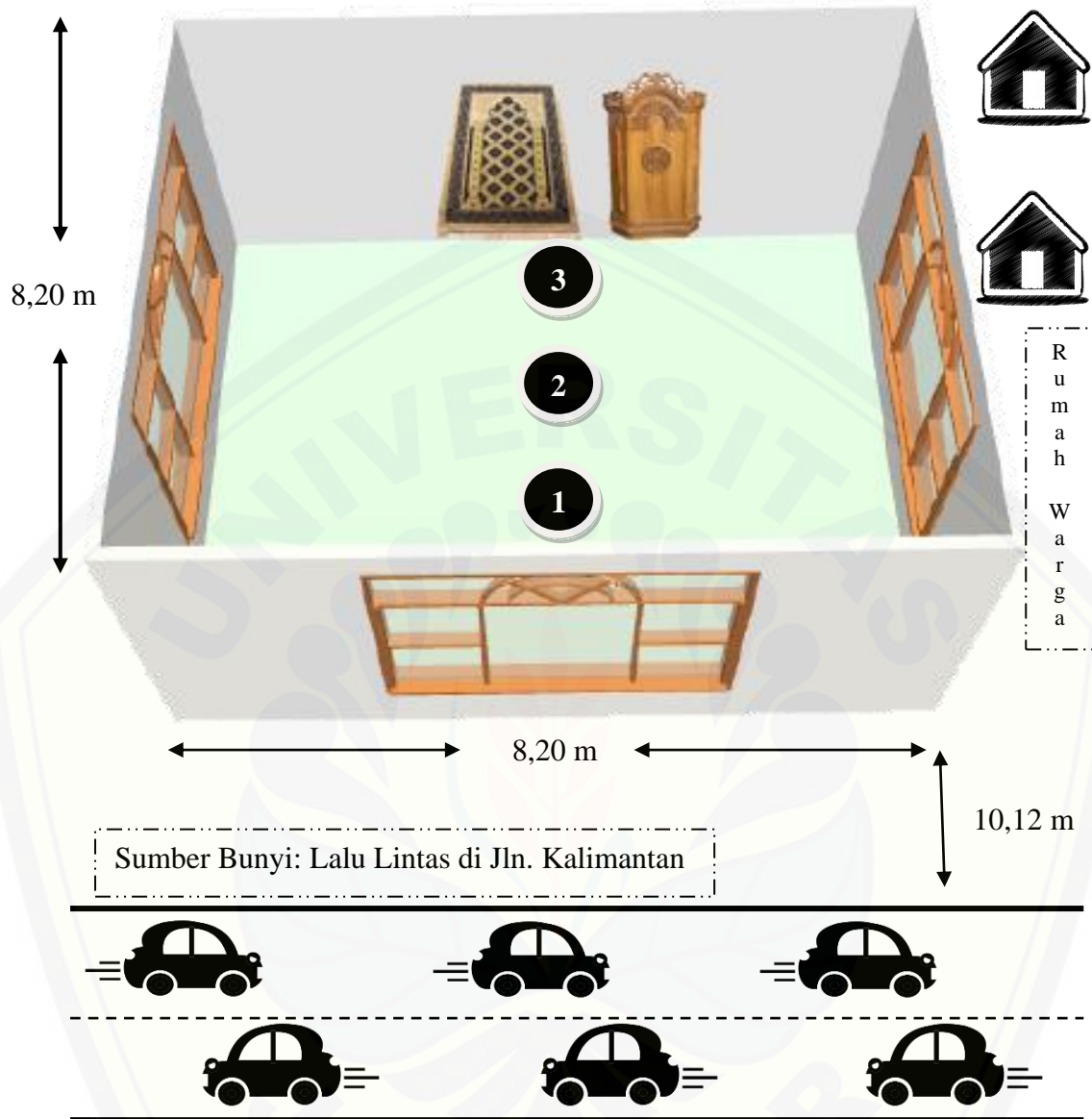
## 3.5.3 Flowchart



Gambar 3.4 Flowchart

## 3.5.4 Titik Lokasi Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada beberapa titik pengukuran, seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.2.3 bagian d), dengan disain titik pengambilan data seperti di bawah ini:



Gambar 3.5 Desain titik pengambilan data

Keterangan:



: Titik Pengukuran



: Pintu masuk masjid

\*Jarak titik pengukuran 1 dengan sumber bunyi adalah 10,12 m

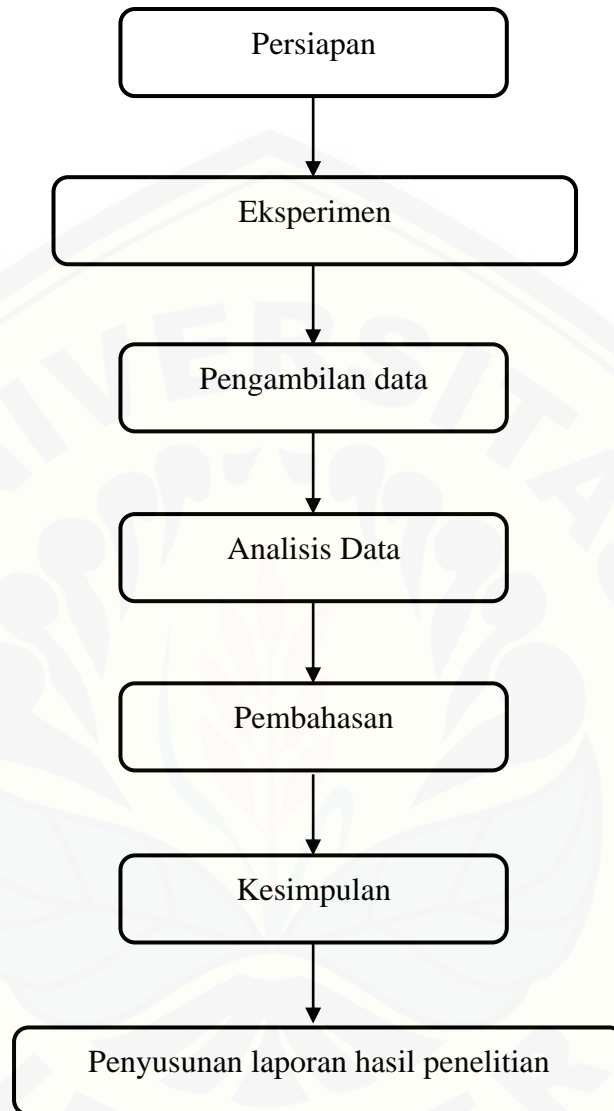
\*Jarak titik pengukuran 2 dengan sumber bunyi adalah 14,22 m

\*Jarak titik pengukuran 3 dengan sumber bunyi adalah 18,32 m



### 3.6 Alur Penelitian

Berikut merupakan skema alur penelitian:



Gambar 3.6 Skema alur penelitian

### 3.7 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan

Alat dan bahan yang telah disebutkan sebelumnya disediakan. Alat dan bahan yang digunakan harus sudah dalam kondisi sebagai berikut:

- 1) *Sound Level Meter* produksi pabrik siap digunakan sebagai kalibrator
- 2) Arduino uno dapat disambung ke PC, *software* IDE arduino telah ter-*install* dengan benar dan siap digunakan

b. Merangkai alat dan bahan

Menyusun set alat percobaan seperti pada gambar 3.2. Kemudian melakukan input *coding* bahasa pemrograman ke arduino uno melalui PC, dengan menyesuaikan alat elektronika yang dipakai dengan kode pemrograman yang telah dibuat. Penyesuaian alat dan bahan yang digunakan dan pembuatan kode pemrograman dilakukan di tempat tinggal peneliti.

c. Penelitian

Setelah alat dan bahan dirangkai, maka penelitian dapat dilakukan. Adapun proses penelitian dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Sebelum pengambilan data dilakukan, SLM hasil rakitan perlu dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan SLM produksi pabrik.
- 2) Bunyi dari satu sumber dengan frekuensi yang telah ditetapkan, diletakkan di depan kedua SLM. Sumber bunyi yang digunakan berupa bunyi yang dihasilkan oleh HP android, melalui aplikasi *frequency sound generator*.
- 3) Data kalibrasi yang diambil yaitu data tingkat intensitas bunyi (TI), yang diukur pada waktu yang sama.
- 4) Setelah dilakukan kalibrasi, dapat dilakukan pengambilan data di masjid Sunan Kalijaga.
- 5) Pada pengukuran pertama (L1) pada jam yang telah ditentukan, rangkaian alat diletakkan di titik pengukuran yang telah ditentukan (titik pengukuran 1).
- 6) Rincian cara menggunakan SLM hasil rakitan tertera pada Lampiran D.
- 7) Pengukuran tingkat intensitas bunyi secara otomatis dilakukan setelah alat dihubungkan dengan sumber tegangan.
- 8) Data hasil pengukuran tercatat oleh sistem data *logger*, dengan pengukuran selama 10 menit sejak alat dihidupkan, dan pembacaan dilakukan tiap 5 detik sekali.
- 9) Didapatkan data dengan jumlah sebanyak 120 data pada titik pengukuran pertama selama 10 menit.

- 10) Pada 10 menit selanjutnya, alat ukur diletakkan di titik pengukuran 2.
- 11) Mengulangi langkah penelitian 6 sampai 9.
- 12) Melakukan pengukuran dari langkah 6 sampai 9, pada titik pengukuran 3.
- 13) Melakukan pengukuran dari langkah 6 sampai 12, pada siang dan malam hari, di waktu yang telah ditentukan pada subbab 3.3.2 bagian e (L1 sampai dengan L7).
- 14) Tabel hasil pengukuran TI bunyi dapat dilihat pada Lampiran D.

d. Menampilkan data hasil pengukuran pada PC

Data berupa nilai tingkat intensitas bunyi dalam satuan desibel (dB) dari hasil pengukuran yang tersimpan dalam data *logger*, ditampilkan pada PC melalui *notepad* dalam bentuk *txt* file. Data kemudian ditampilkan dalam tabel pengamatan data dan dalam bentuk grafik pada MS. Excel.

e. Analisis data

Data yang telah disusun dalam tabel akan diolah dan dianalisis berdasarkan teori apakah tingkat intensitas bunyi rata-rata pada waktu pagi, siang, dan malam hari di masjid Sunan Kalijaga termasuk dalam kategori bunyi normal ataukah bunyi yang bising dan mengganggu lingkungan, berdasarkan pada keputusan standar kebisingan yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

f. Pembahasan

Apabila analisis data telah dilakukan maka dilanjutkan pembahasan terhadap hasil penelitian.

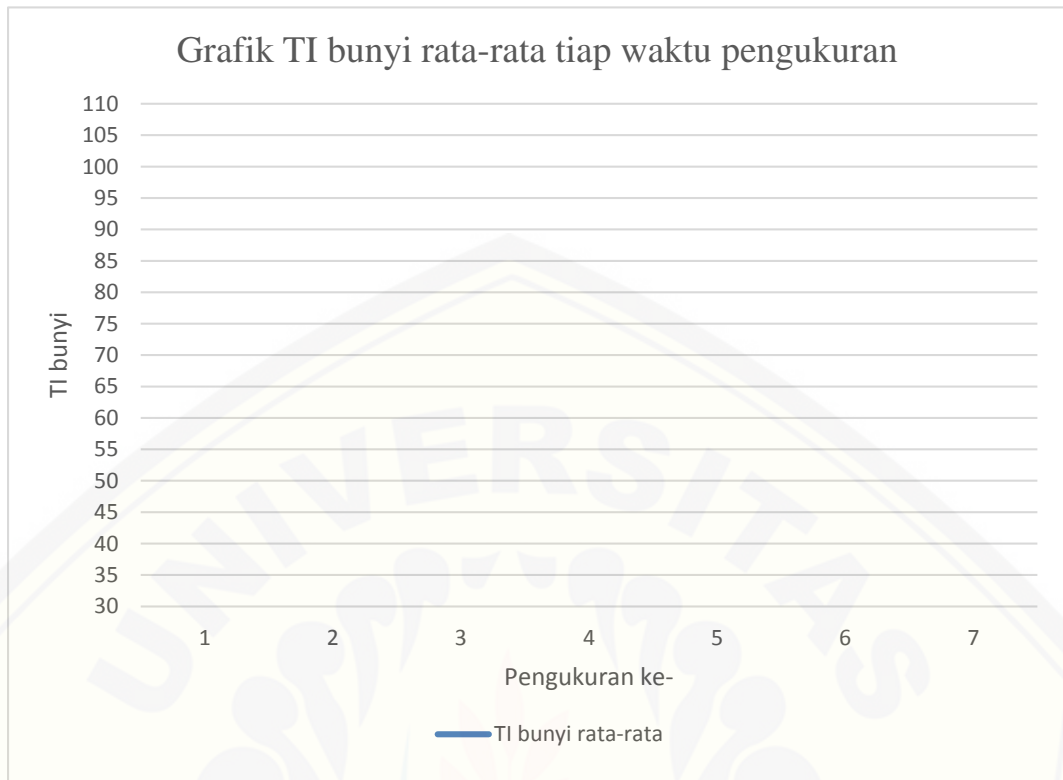
g. Kesimpulan

Langkah selanjutnya adalah membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan berdasarkan pembahasan yang telah dibuat.

h. Penyusunan laporan penelitian

Langkah terakhir adalah penyusunan laporan penelitian berdasarkan seluruh data yang didapatkan dan analisis data yang telah dilakukan.





Gambar 3.7 Grafik TI bunyi rata-rata

### 3.9 Teknik Analisis Data

Ketentuan pengisian tabel sebagai berikut:

- Tabel TI (dB) pada L1 diisi dengan data hasil pengukuran rata-rata pada pukul 08.00. Pengukuran pada tiap titik dilakukan selama 10 menit, dengan pencatatan hasil ukur tiap 5 detik. Jadi, ada 120 data pada pengukuran pukul 08.00 di setiap titik. Kemudian, seluruh data yang didapat pada 3 titik pengukuran dirata-rata dan dimasukkan pada kolom TI pertama (pada L1). Tabel lengkap pada setiap titik ukur akan dicantumkan di halaman lampiran. Ketentuan pengisian TI (dB) pada L2 hingga L7 sama dengan ketentuan pengisian pada L1.
- Pada kolom  $L_{eq}$  (dB), dibagi menjadi dua bagian, yaitu  $L_s$  dan  $L_M$ .  $L_s$  merupakan  $L_{eq}$  pada siang hari. Sedangkan  $L_M$  merupakan  $L_{eq}$  pada malam hari. Berdasarkan waktu saat pengambilan data,  $L_s$  dan  $L_M$  dapat dihitung menggunakan rumus:

$$L_S = 10 \log 1/12 \{ T1.10^{0.1L1} + \dots + T4.10^{0.1L4} \} \text{ dB (A)}$$

$$L_M = 10 \log 1/12 \{ T5.10^{0.1L5} + \dots + T7.10^{0.1L7} \} \text{ dB (A)}$$

dimana T merupakan rentang waktu pada tiap pengukuran (Tiap L). Misalkan pada L1, dilakukan pengukuran pada pukul 08.00 mewakili pukul 06.00 – 10.00. Maka, T1 = 4. Keterangan ini berlaku pada L1 – L7.

- c. Pada kolom terakhir, terdapat data  $L_{SM}$  (dB).  $L_{SM}$  merupakan  $L_{eq}$  selama siang dan malam hari. Perhitungan nilai  $L_{SM}$  dimaksudkan untuk mengetahui apakah kebisingan sudah melampaui tingkat kebisingan atau tidak.  $L_{SM}$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{SM} = 10 \log 1/24 \{ 12.10^{0.1L_S} + \dots + 12.10^{(0.1L_M+5)} \} \text{ dB (A)}$$

- d. Setelah diketahui nilai  $L_{SM}$ , selanjutnya tingkat kebisingan di masjid Sunan Kalijaga dapat dikategorikan sebagai tempat ibadah yang memenuhi standar atau tidak, berdasarkan keputusan pemerintah tentang standar nilai kebisingan maksimal di tempat ibadah, yaitu 55 dB.

(Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11/1996).

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

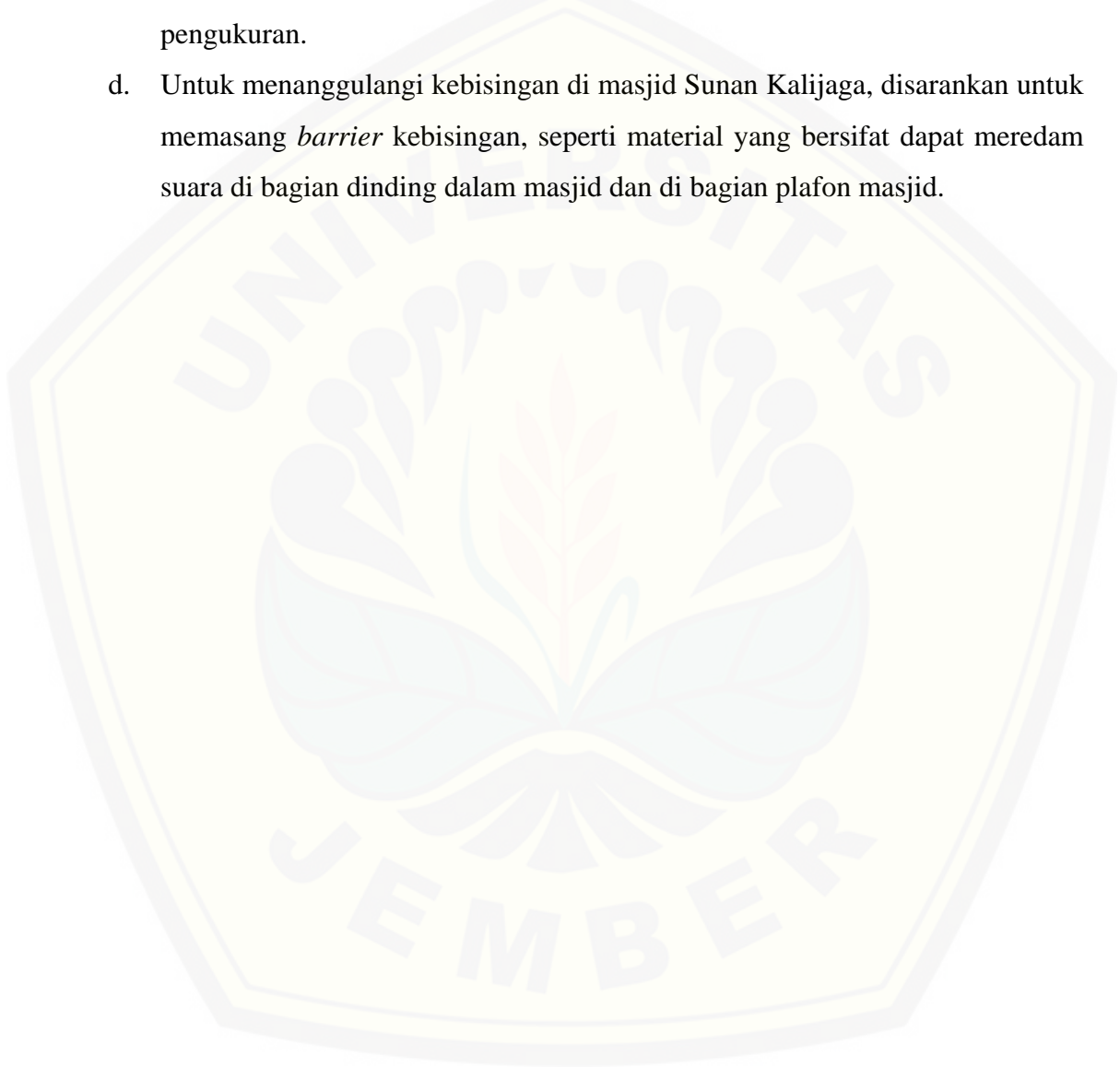
- a. Mikrokontroler arduino uno digunakan sebagai pengendali sistem kerja rangkaian *Sound Level Meter* (SLM), dengan piranti *input* berupa *sound sensor* dan piranti *output* berupa LED, LCD, dan data *logger*.
- b. SLM rancangan telah diuji dengan cara mengkalibrasi hasil ukur tingkat intensitas bunyi menggunakan SLM rancangan, dengan kalibrator berupa SLM standar tipe SL-130. SLM rancangan dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi dengan nilai *error* kurang dari 10%.
- c. Faktor yang mempengaruhi nilai tingkat intensitas bunyi yang diukur di masjid Sunan Kalijaga pada penelitian ini adalah waktu pengambilan data dan jumlah kendaraan yang lewat di jalan Kalimantan Jember. Dalam penelitian ini, faktor jarak antara sumber bising dan alat ukur tidak mempengaruhi nilai tingkat intensitas bunyi yang dihasilkan.
- d. Tingkat kebisingan rata-rata harian yang diukur di masjid Sunan Kalijaga sebesar 68.60 dB. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang standar baku kebisingan di tempat ibadah, ditetapkan kebisingan maksimal sebesar 55 dB. Berdasarkan data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa Masjid Sunan Kalijaga Jember dikategorikan sebagai tempat ibadah yang lingkungannya bising.

### 5.2 Saran

Untuk dapat membuat alat ukur lebih maksimal keakuratannya dan untuk menanggulangi kebisingan di tempat penelitian, disarankan untuk:

- a. Membuat rangkaian SLM pada PCB. Hal ini bertujuan agar alat lebih stabil dan tidak perlu digunakan banyak kabel dalam rangkaian. Sehingga bentuk alat lebih praktis dan tidak khawatir akan terjadinya *error* saat pengoperasian alat.

- b. Jika titik ukur lebih dari satu, disarankan untuk menambah jumlah sensor suara. Dengan *multiple* sensor, pengukuran pada beberapa titik ukur dapat dilakukan secara serentak pada kondisi yang sama. Jadi dapat dihasilkan data yang lebih akurat. Kita juga dapat mengetahui pengaruh jarak terhadap nilai TI bunyi.
- c. Diperlukan RTC (*Real Time Clock*) pada rangkaian, untuk melihat detail waktu pengukuran.
- d. Untuk menanggulangi kebisingan di masjid Sunan Kalijaga, disarankan untuk memasang *barrier* kebisingan, seperti material yang bersifat dapat meredam suara di bagian dinding dalam masjid dan di bagian plafon masjid.





**DAFTAR PUSTAKA**

- Adhim, G. M. 2015. Rancang Bangun Ayunan Bayi dengan Sensor Suara dan Gas Menggunakan Metode *Fuzzy*. *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember
- Adi, A. N. 2010. *Mekatronika*. 2010. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Amazon. com. 2017. <http://www.amazon.in/Sandisk-Class-MicroSDHC-Memory-SDSDQM-008G-B35/dp/B001D0ROGO>. [Diakses pada 11 Januari 2017].
- Arduino. 2017. <https://www.arduino.cc/>. [Diakses pada 02 Januari 2017].
- Arduino. 2017. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Diakses pada 10 Januari 2017].
- Arkundato, A., L. Rahman, Sutisna, I. Rafi'I, D. D. Warnana, dan Endarko. 2007. *Alat Ukur dan Metode Pengukuran*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Ariyanto, L. 2016. Sistem Data *Logger* Kincir Angin Propeler Berbahan Kayu. *Skripsi*. Yogyakarta: Program Studi Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma.
- Artanto, D. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Buchari, 2007. Kebisingan Industri dan Hearing Conservation Program. *Repository USU*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1435/1/07002749.pdf>. [Diakses pada 25 September 2016].
- Bukupedia. 2015. <http://www.bukupedia.net/2015/12/pengertian-serta-macam-macam-jenis-gelombang-tranversal-dan-longitudinal-dilengkapi-dengan-rumus-periode-dan-frekuensi-gelombang.html>. [Diakses pada 9 Maret 2017].
- Circuit diagram. 2014. <http://www.circuitdiagram.org/simple-basic-led-circuit.html>. [Diakses pada 11 Januari 2017].
- DFRobot. 2017. <https://www.dfrobot.com/>. [Diakses pada 11 Januari 2017].
- Djalante, S. 2010. Analisis Tingkat Kebisingan di Jalan Raya yang Menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (Apil) (Studi kasus: Simpang Ade Swalayan). *SMARTek*. 8(4): 280-300.
- Djuandi, F. 2011. Pengenalan Arduino. <http://tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>. [Diakses pada 13 September 2016].

- Earl, B. 2017. Adafruit Data Logger Shield. <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-data-logger-shield.pdf>. [Diakses pada 27 Februari 2017].
- Elektronika Dasar. 2013. <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-diode/>. [Diakses pada 23 Februari 2017].
- Elert, G. 2017. The Physics Hypertextbook. <http://physics.info/intensity/>. [Diakses pada 9 Mei 2017].
- Feidihal. 2007. Tingkat Kebisingan dan Pengaruhnya Terhadap Mahasiswa di Bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang. *Jurnal Teknik Mesin*. 4(1): 31-41.
- Fitriandi, A., E. Komalasari, dan H.Gusmedi. 2016. Rancang bangun alat monitoring arus dan tegangan berbasis mikrokontroler dngan SMS gateway. *ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. 10(2):93.
- Fitriya, E.M. 2013. Pemetaan Distribusi Tingkat Akustik pada Tempat Ibadah di Kota Jember. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Fritzing. 2016. <http://fritzing.org/download/>. [Diakses pada 11 November 2016].
- Gabriel, J. F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Giancoli, D. C. 2001. *Physics: Principles with Applications*. 5<sup>th</sup> ed. United States: Prentice-Hall, Inc. Terjemahan Oleh Y. Hanum. 2001. *Fisika*. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., dan Walker, J. 2005. *Physics*. 7<sup>th</sup> Extended Edition. England: John Wiley & Sons Ltd. Terjemahan oleh Tim Pengajar Fisika ITB. 2010. *Fisika Dasar*. Edisi Ketujuh. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Hartono, R. 2013. Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Uno Duemilanove. *Proyek Akhir*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Jati, B.M.E dan Tri K.P. 2009. *Fisika Dasar untuk Mahasiswa Ilmu Komputer & Informatika*. Yogyakarta: ANDI.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-48/MENLH/11 Tahun 1996. *Baku Tingkat Kebisingan*. 25 Nopember 1996. Jakarta.
- Mediastika, C. E. 2005. *Akustika Bangunan Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Jakarta: Erlangga.

- Pain, H.J. 1995. *The Physics of Vibration and Waves*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Rossing, T. D. 1990. *The Science of Sound*. 2<sup>nd</sup> ed. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Sanjaya, M. 2016. *Robot Cerdas Berbasis Speech Recognition – Menggunakan Matlab dan Arduino*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sarojo, G.A. 2011. *Gelombang dan Optika*. Jakarta: Penerbit Salemba Teknika.
- Satwiko, P. 2005. *Fisika Bangunan 1*. Edisi 2. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Setiawan, M. F. 2010. Tingkat Kebisingan pada Perumahan di Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*. 12(2): 191-200.
- Sparkfun. 2017. <https://www.sparkfun.com/products/11372>. [Diakses pada 11 Januari 2017].
- Sudjadi. 2005. *Teori dan Aplikasi Mikrokontroler Aplikasi Pada Mikrokontroler AT89C51*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Toolstop. Ltd. 2017. <http://www.toolstop.co.uk/sealey-ta060-sound-level-meter-p58476>. [Diakses pada 23 Januari 2017].
- Tuwaitan, Y. A. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Desibel (dB) Meter Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*. 4(1): 37-43.
- Universitas Jember. 2016. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.
- Wafiroh, A. H. 2013. Pengukuran Tingkat Kebisingan di Lingkungan SMPN 2 Jember. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Yasa, G. A. P. 2011. Organisasi & Arsitektur Komputer: Eksternal Memori. <http://dokumen.tips/download/link/makalah-eksternal-memori>. [Diakses pada 23 Februari 2017].
- Young, H. D. dan R. A. Freedman. 2012. *Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics*. 13<sup>th</sup> ed. United States. Pearson Education, Inc.
- Zonaelektro. 2017. <http://zonaelektro.net>. [Diakses pada 12 Januari 2017].

## LAMPIRAN A. MATRIKS PENELITIAN

JUDUL PENELITIAN	RUMUSAN MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
Rancang Bangun SLM ( <i>Sound Level Meter</i> ) disertai Sistem Data Logger Berbasis Arduino Uno sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember	<p>1) Bagaimana rancang bangun <i>Sound Level Meter</i> disertai sistem data <i>logger</i> berbasis arduino untuk mengukur kebisingan rata-rata suatu tempat?</p> <p>2) Bagaimana perbandingan hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi menggunakan SLM berbasis mikrokontroler arduino dibanding</p>	<p>1. Variabel bebas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jarak antara alat ukur dan sumber bunyi</li> <li>• Waktu pengukuran yaitu pada siang dan malam hari</li> </ul> <p>2. Variabel terikat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tingkat intensitas bunyi</li> </ul> <p>3. Variabel tetap:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alat ukur, yaitu SLM hasil rancangan peneliti</li> </ul>	Tingkat intensitas bunyi dalam satuan dB	<p>1. Hasil eksperimen berupa tingkat intensitas bunyi</p> <p>2. Sumber rujukan berupa jurnal, buku, skripsi, dan tingkat kebisingan berdasarkan</p>	<p>1. Tempat Penelitian: Laboratorium Fisika lanjut FKIP Universitas Jember dan masjid Sunan Kalijaga Jember</p> <p>2. Jenis Penelitian: Eksperimen</p> <p>3. Metode pengumpulan data:</p>

	<p>SLM keluaran pabrik yang telah dikalibrasi?</p> <p>3) Berapa tingkat kebisingan rata-rata di masjid Sunan Kalijaga Jember pada siang dan malam hari yang diukur menggunakan SLM disertai sistem data <i>logger</i> berbasis arduino?</p>			<p>ketetapan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hasil eksperimen</li><li>• Dokumentasi</li></ul>
--	---	--	--	--	--

**LAMPIRAN B. LANGKAH-LANGKAH PEMBUATAN *SOUND LEVEL METER* DISERTAI SISTEM DATA *LOGGER* BERBASIS ARDUINO:**

1. Persiapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk merakit SLM (alat yang dibutuhkan dicantumkan dalam bab 3)
2. Lakukan pemasangan *sound sensor* dengan arduino. *Sound sensor* memiliki 4 pin, dimana 3 pin diantaranya akan dihubungkan ke arduino
3. Hubungkan pin A0 pada *sound sensor* ke pin A0 arduino uno menggunakan kabel *jumper female to male*
4. Hubungkan pin (+) *sound sensor* ke pin 5 V arduino, menggunakan kabel *jumper female to male*
5. Hubungkan pin *Ground (G)* *sound sensor* pin G arduino, menggunakan kabel *jumper female to male*
6. Selanjutnya, tancapkan kedua kaki LED pada *2 hole project board*. Hubungkan kaki panjang LED warna merah, kuning, hijau dengan pin A3, A4, dan A5 arduino uno. Kaki-kaki pendek LED dihubungkan ke *Ground (G)*
7. Kaki panjang LED sebagai kutub positif, sedangkan kaki pendek LED sebagai kutub negatif
8. Pada masing-masing kaki panjang LED, tancapkan satu kaki resistor 330  $\Omega$ . Kaki resistor satunya ditancapkan ke *hole project board*, kemudian dihubungkan ke (G) arduino
9. Selanjutnya, lakukan pemasangan LCD yang pin-pinnya telah disolder menggunakan timah terlebih dahulu. Terdapat 16 pin pada LCD, namun yang dihubungkan ke arduino hanya 12 pin. Pin D0, D1, D2, dan D3 tidak dihubungkan ke arduino
10. Hubungkan pin 1 (VSS) LCD dengan pin 16 (K) LCD; pin 5 (RW) LCD; dan kaki kanan trimpot. Kemudian, hubungkan pin-pin tersebut dengan pin (G) arduino menggunakan kabel *jumper male to male*
11. Hubungkan pin 2 (VDD) LCD dengan pin 15 (A) LCD dan kaki kiri trimpot. Kemudian, hubungkan pin-pin tersebut dengan pin 5V arduino menggunakan kabel *jumper male to male*

12. Hubungkan pin 3 (V0) LCD dengan kaki tengah trimpot
13. Hubungkan pin 4 (RS) LCD dengan pin Digital 2 (D2) arduino menggunakan kabel *jumper male to male*
14. Hubungkan pin 6 (E) LCD dengan pin Digital 3 (D3) arduino menggunakan kabel *jumper male to male*
15. Hubungkan pin 11 (D4), pin 12 (D5), pin 13 (D6), pin 14 (D7) LCD dengan pin Digital 4 (D4), (D5), (D6), dan (D7) arduino menggunakan kabel *jumper male to male*
16. Setelah pemasangan LCD selesai, lanjutkan pemasangan *SD Module* dengan arduino. *SD Module* merupakan modul yang digunakan untuk menghubungkan *SD Card* dengan arduino. *SD Module* memiliki 6 pin.
17. Pin 1 (GND) *SD Module* dihubungkan dengan pin (G) arduino menggunakan kabel *jumper female to male*
18. Pin 2 (VCC) *SD Module* dihubungkan dengan pin 5V arduino menggunakan kabel *jumper female to male*
19. Hubungkan pin 3 (MISO), pin 4 (MOSI), pin 5 (SCK), dan pin 6 (CS) *SD Module* dengan pin Digital (D12), (D11), (D13), dan (D10) arduino menggunakan kabel *jumper female to male*
20. Setelah menghubungkan semua komponen dengan arduino uno, *detector* kebisingan (SLM) siap digunakan. Digunakan *power bank* sebagai tegangan masukan sebesar 5V, yang dihubungkan dengan port pada arduino. Selain *power bank*, baterai 9V juga dapat digunakan sebagai sumber tegangan *input*.
21. Gambar rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 3.2 (Bab 3).

**LAMPIRAN C. RINCIAN CARA MENGGUNAKAN *SOUND LEVEL METER* (SLM) HASIL RAKITAN:**

1. Hubungkan SLM dengan sumber tegangan (dapat berupa *power bank* atau baterai 9 Volt).
2. Setelah terhubung, SLM dapat digunakan dengan tanda LED pada arduino menyala.
3. *Sound sensor* mendeteksi bunyi melalui bagian *mic* pada sensor KY-037.
4. Hasil bacaan oleh *sound sensor* menjadi *input signal*.
5. *Input* (sinyal masukan) berupa sinyal analog dikonversi oleh arduino pada bagian ADC (*Analog to Digital Converter*) menjadi sinyal digital dalam bentuk tingkat intensitas bunyi (TI bunyi).
6. Adanya masukan berupa sinyal digital menyebabkan LED berkedip. Warna kedipan hijau menandakan TI bunyi masih dalam taraf rendah ( $TI < 50$  dB); warna kedipan kuning LED menandakan TI bunyi dalam taraf sedang ( $50 \text{ dB} < TI < 83$  dB); dan warna kedipan merah menandakan TI bunyi dalam taraf yang tinggi ( $TI > 83$  dB).
7. Nilai TI bunyi tertera di layar LCD.
8. Selain tertera di LCD, nilai TI bunyi juga tersimpan secara otomatis di dalam *memory card*, melalui *SD module*.
9. Setelah pengukuran selama 10 menit, lepas SLM dari sumber tegangan. Pengukuran telah selesai dilakukan.



## LAMPIRAN D. TABEL HASIL PENGUKURAN TINGKAT INTENSITAS BUNYI

Tabel 1. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran pertama (L1), dengan suhu ruangan 28°C dan kelembaban relatif  $\pm 40\%$ .

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
1.	67.57	63.09	67.68
2.	75.18	69.03	70.18
3.	64.88	71.45	62.20
4.	50.69	76.93	61.47
5.	64.88	51.84	59.69
6.	63.26	52.31	66.96
7.	66.34	63.99	56.24
8.	95.20	58.28	63.09
9.	63.09	55.76	47.45
10.	79.12	69.03	52.31
11.	77.13	67.68	53.93
12.	71.25	60.58	58.28
13.	70.80	53.93	57.13
14.	65.61	66.34	60.58
15.	70.18	70.18	67.07
16.	66.06	73.49	56.24
17.	67.07	64.15	57.13
18.	65.33	67.07	62.20
19.	67.07	68.30	59.43
20.	67.07	52.99	64.91

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
21.	72.87	49.07	66.79
22.	71.41	61.47	91.23
23.	79.08	68.30	63.99
24.	72.34	68.92	55.08
25.	77.55	76.28	56.24
26.	65.33	77.34	65.45
27.	68.11	70.18	67.07
28.	80.13	72.48	61.21
29.	67.96	72.95	70.88
30.	72.95	63.26	68.92
31.	52.31	66.23	69.65
32.	65.61	69.45	45.82
33.	78.74	64.88	53.93
34.	73.03	68.41	58.54
35.	76.33	49.07	67.07
36.	92.01	62.20	67.41
37.	78.23	63.09	72.84
38.	73.02	65.33	65.95
39.	76.93	53.93	66.06
40.	63.26	68.30	69.45
41.	70.80	61.21	67.68
42.	63.09	68.92	57.81
43.	80.64	60.58	60.58
44.	65.61	69.99	69.45
45.	60.06	69.56	58.54
46.	62.37	61.05	59.43
47.	58.54	64.25	57.13

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
48.	78.32	59.43	59.17
49.	65.33	62.67	40.28
50.	78.74	70.57	64.88
51.	68.95	61.31	45.82
52.	58.54	58.28	68.30
53.	71.27	82.16	65.50
54.	67.68	70.26	75.77
55.	63.99	52.31	76.93
56.	63.99	51.37	60.58
57.	70.26	53.46	68.84
58.	59.43	50.22	67.83
59.	68.30	57.39	58.28
60.	69.45	45.82	58.54
61.	70.18	57.39	61.47
62.	71.87	62.37	74.38
63.	64.88	45.82	67.23
64.	58.54	66.23	60.58
65.	60.58	71.14	58.28
66.	66.23	59.43	63.82
67.	60.32	66.34	63.26
68.	58.28	74.85	68.11
69.	65.61	72.84	68.30
70.	67.68	72.42	61.47
71.	64.72	63.26	58.54
72.	60.32	67.49	58.54
73.	64.88	72.42	66.34
74.	63.09	73.29	56.24

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
75.	53.93	79.02	67.38
76.	58.28	65.61	65.61
77.	54.61	64.88	50.69
78.	70.18	72.48	70.57
79.	71.87	65.61	55.76
80.	66.34	70.10	60.32
81.	77.93	76.84	60.16
82.	92.61	67.07	63.09
83.	74.80	80.27	57.13
84.	72.00	64.72	69.11
85.	70.52	70.18	63.09
86.	76.85	68.72	55.98
87.	67.68	68.41	56.24
88.	68.11	65.50	57.39
89.	64.15	62.37	65.61
90.	70.80	65.61	76.33
91.	85.05	70.26	67.57
92.	66.96	70.18	66.34
93.	63.09	66.96	62.37
94.	74.43	75.72	57.13
95.	63.99	72.61	53.93
96.	59.43	73.85	66.96
97.	69.99	71.80	60.58
98.	66.18	72.27	63.09
99.	62.37	63.99	49.07
100.	77.08	69.65	55.08
101.	69.45	74.32	63.09

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
102.	87.22	59.43	62.37
103.	81.80	65.61	66.06
104.	71.99	75.86	61.47
105.	71.66	71.87	75.72
106.	74.38	70.18	79.08
107.	65.50	67.57	60.58
108.	74.23	71.27	67.68
109.	67.49	65.61	64.88
110.	72.22	65.45	67.68
111.	73.50	77.93	63.26
112.	67.57	74.65	59.69
113.	67.57	62.37	65.61
114.	63.82	70.72	63.26
115.	66.96	72.48	63.26
116.	63.82	77.01	69.45
117.	69.65	69.45	52.31
118.	72.81	64.88	58.54
119.	84.32	75.34	74.70
$\overline{TI}$	<b>69.26647</b>	<b>66.30538</b>	<b>62.78084</b>
$\overline{TI}$ $L_1$	<b>66.11756</b>		

Tabel 2. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran kedua (L2), dengan suhu ruangan 29°C dan kelembaban relatif  $\pm$  40%.

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
1.	80.58	79.32	65.61
2.	87.05	72.34	70.18
3.	70.18	53.93	72.42
4.	73.61	53.93	63.09
5.	77.90	75.34	58.28
6.	69.56	68.41	64.60
7.	81.98	60.58	65.45
8.	73.70	56.24	73.85
9.	76.93	82.25	92.26
10.	81.00	68.11	67.07
11.	73.96	74.57	66.96
12.	79.47	67.49	69.56
13.	74.29	64.88	63.99
14.	67.68	67.80	61.47
15.	68.84	66.68	74.44
16.	64.72	65.87	74.23
17.	76.61	60.32	91.24
18.	60.58	69.65	65.45
19.	71.79	69.99	65.33
20.	73.85	59.69	66.96
21.	67.38	70.88	69.03
22.	68.38	74.27	56.92
23.	71.80	68.22	72.34
24.	70.80	93.31	69.03

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
25.	72.34	75.16	70.72
26.	66.34	72.95	81.60
27.	75.86	79.32	75.27
28.	67.68	80.12	70.18
29.	75.23	78.28	66.34
30.	71.67	72.42	70.26
31.	67.07	80.16	61.47
32.	70.93	65.33	72.95
33.	55.08	71.33	70.18
34.	72.95	77.46	63.99
35.	73.29	83.71	68.30
36.	66.34	70.18	65.33
37.	62.37	75.39	67.80
38.	69.56	62.20	71.27
39.	79.32	91.31	66.84
40.	81.60	66.23	65.45
41.	77.50	71.80	78.66
42.	96.14	71.80	74.32
43.	81.95	59.69	73.02
44.	77.93	63.09	77.60
45.	80.21	66.96	74.82
46.	80.59	76.24	73.91
47.	77.32	97.58	66.84
48.	61.31	67.68	65.17
49.	58.02	61.47	61.05
50.	57.39	81.22	70.26
51.	55.08	76.92	66.06

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
52.	60.32	74.85	68.41
53.	58.54	69.45	71.41
54.	53.93	78.63	66.96
55.	62.37	56.24	73.02
56.	62.84	69.03	62.82
57.	67.68	95.09	61.21
58.	65.61	61.47	58.28
59.	75.11	73.70	69.03
60.	79.81	70.18	68.30
61.	101.23	62.37	70.46
62.	82.60	66.18	66.23
63.	78.28	66.34	64.88
64.	66.18	61.21	67.57
65.	71.95	47.45	79.74
66.	74.43	62.20	67.21
67.	63.99	67.68	69.56
68.	71.41	65.33	73.02
69.	68.95	57.39	81.77
70.	73.08	63.55	66.34
71.	73.96	71.07	69.92
72.	79.81	64.72	67.68
73.	69.03	79.28	62.82
74.	72.27	66.06	60.32
75.	63.82	58.28	61.47
76.	69.84	70.18	59.69
77.	64.55	72.95	92.09
78.	65.33	74.96	73.96



<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
79.	66.23	80.17	68.92
80.	70.80	69.99	67.80
81.	71.33	69.56	68.19
82.	71.41	67.68	64.72
83.	66.34	60.58	72.48
84.	63.99	62.20	87.13
85.	64.72	64.72	69.65
86.	69.65	71.33	74.76
87.	71.14	73.96	64.88
88.	55.08	64.55	67.68
89.	66.23	66.34	78.10
90.	77.81	73.91	64.88
91.	71.07	63.82	73.23
92.	82.71	63.55	75.23
93.	99.68	69.03	82.68
94.	78.48	76.60	82.20
95.	69.99	79.81	69.03
96.	63.99	70.80	66.34
97.	75.11	78.52	68.41
98.	75.86	80.21	70.18
99.	64.44	72.81	77.86
100.	68.19	69.03	76.75
101.	65.79	63.99	72.95
102.	65.45	74.38	63.99
103.	65.61	71.33	76.66
104.	62.37	75.74	74.43
105.	77.01	65.61	76.20

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
106.	71.19	63.26	66.06
107.	67.07	72.95	72.48
108.	64.44	68.56	58.28
109.	68.19	69.56	55.08
110.	60.58	77.15	57.39
111.	59.43	66.96	76.28
112.	75.58	82.92	68.30
113.	71.87	58.28	66.18
114.	66.34	82.57	68.92
115.	68.30	67.68	79.08
116.	69.45	73.76	80.52
117.	62.37	71.95	64.88
118.	63.09	65.33	59.69
119.	70.65	74.29	70.72
<b><math>\overline{TI}</math></b>	<b>70.83748</b>	<b>70.26345</b>	<b>69.77126</b>
<b><math>\overline{TI}</math> L<sub>2</sub></b>	<b>70.29073</b>		

Tabel 3. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran ke-tiga (L3), dengan suhu ruangan 30°C dan kelembaban relatif  $\pm$  40%.

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
1.	80.58	71.89	73.96
2.	87.05	67.68	78.58
3.	70.18	61.47	69.03
4.	73.61	58.28	62.37
5.	77.90	61.94	64.72
6.	69.56	59.17	64.44
7.	81.98	69.92	65.61
8.	73.70	61.47	71.87
9.	76.93	66.06	76.66
10.	81.00	67.68	91.37
11.	73.96	84.98	65.33
12.	79.47	68.84	71.80
13.	74.29	69.65	81.57
14.	67.68	67.68	73.76
15.	68.84	63.26	76.57
16.	64.72	63.09	67.94
17.	76.61	69.65	62.20
18.	60.58	57.39	70.26
19.	71.79	74.23	60.58
20.	73.85	66.34	52.73
21.	67.38	72.27	66.18
22.	68.38	68.92	55.08
23.	71.80	65.61	68.84
24.	70.80	72.84	71.27

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
25.	72.34	69.61	71.80
26.	66.34	70.18	61.21
27.	75.86	73.85	71.19
28.	67.68	75.32	76.68
29.	75.23	54.61	72.14
30.	71.67	64.88	70.18
31.	67.07	65.5	62.37
32.	70.93	57.39	69.09
33.	55.08	69.45	71.95
34.	72.95	66.84	71.33
35.	73.29	59.69	79.37
36.	66.34	66.96	71.34
37.	62.37	66.34	66.96
38.	69.56	58.54	74.76
39.	79.32	69.65	73.49
40.	81.60	69.31	70.80
41.	77.50	70.18	76.08
42.	96.14	87.28	78.23
43.	81.95	71.88	79.37
44.	77.93	96.26	64.88
45.	80.21	74.38	64.72
46.	80.59	68.41	72.39
47.	77.32	70.26	79.79
48.	61.31	71.87	75.17
49.	58.02	69.45	74.62
50.	57.39	68.84	59.43
51.	55.08	62.37	70.80

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
52.	60.32	70.65	64.72
53.	58.54	74.91	66.34
54.	53.93	68.22	69.79
55.	62.37	64.72	62.37
56.	62.84	67.07	70.80
57.	67.68	63.71	76.17
58.	65.61	68.30	66.34
59.	75.11	66.23	64.88
60.	79.81	63.99	80.74
61.	101.23	68.41	67.68
62.	82.60	63.99	61.21
63.	78.28	61.47	70.18
64.	66.18	75.86	67.68
65.	71.95	99.62	58.54
66.	74.43	74.96	61.47
67.	63.99	70.72	64.18
68.	71.41	66.06	75.74
69.	68.95	73.31	73.42
70.	73.08	70.26	69.65
71.	73.96	64.72	72.27
72.	79.81	67.68	72.76
73.	69.03	68.95	72.76
74.	72.27	79.08	70.07
75.	63.82	66.34	83.81
76.	69.84	74.38	73.22
77.	64.55	65.61	70.46
78.	65.33	69.99	69.65

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
79.	66.23	71.80	67.80
80.	70.80	65.61	96.02
81.	71.33	61.47	81.60
82.	71.41	58.54	72.34
83.	66.34	57.13	73.81
84.	63.99	67.68	66.23
85.	64.72	65.61	70.18
86.	69.65	64.72	66.34
87.	71.14	77.28	66.96
88.	55.08	63.99	69.03
89.	66.23	65.33	69.56
90.	77.81	66.96	79.75
91.	71.07	71.80	70.80
92.	82.71	71.69	64.88
93.	99.68	76.99	69.56
94.	78.48	59.43	73.96
95.	69.99	66.96	63.26
96.	63.99	68.22	69.56
97.	75.11	59.43	64.88
98.	75.86	63.09	65.61
99.	64.44	64.55	75.13
100.	68.19	66.96	79.33
101.	65.79	64.88	80.49
102.	65.45	73.49	63.09
103.	65.61	71.04	66.34
104.	62.37	69.56	70.65
105.	77.01	65.61	74.65

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
106.	71.19	60.16	77.55
107.	67.07	61.47	71.80
108.	64.44	67.57	70.18
109.	68.19	76.58	65.59
110.	60.58	57.39	67.07
111.	59.43	71.95	59.43
112.	75.58	73.93	65.33
113.	71.87	75.81	75.27
114.	66.34	68.84	63.99
115.	68.30	67.07	72.70
116.	69.45	66.23	73.73
117.	62.37	57.13	79.47
118.	63.09	63.09	73.67
119.	70.65	69.45	72.42
<b><math>\overline{TI}</math></b>	<b>70.83748</b>	<b>68.11185</b>	<b>70.50227</b>
<b><math>\overline{TI}</math> <b>L<sub>3</sub></b></b>	<b>69.8172</b>		

Tabel 4. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran ke-empat (L4), dengan suhu ruangan 30°C dan kelembaban relatif  $\pm$  48%.

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
1.	76.55	99.31	64.72
2.	80.47	79.43	68.30
3.	77.46	71.33	66.23
4.	79.82	76.28	65.14
5.	93.20	96.65	69.45
6.	76.33	74.38	79.39
7.	75.85	71.27	86.93
8.	73.23	66.34	69.53
9.	71.80	74.85	65.17
10.	70.65	78.60	65.33
11.	64.72	68.84	63.26
12.	70.46	71.33	70.18
13.	82.76	60.58	53.46
14.	93.94	66.34	58.54
15.	79.33	69.03	70.10
16.	84.53	72.95	68.84
17.	73.02	66.34	70.60
18.	72.40	64.72	85.71
19.	75.39	64.72	58.54
20.	71.25	72.95	73.81
21.	86.84	82.25	63.35
22.	77.90	83.70	69.45
23.	84.32	75.44	70.10
24.	77.27	75.90	75.23



<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
25.	73.61	74.96	79.18
26.	81.37	73.91	66.18
27.	82.30	73.49	63.82
28.	82.81	81.95	72.34
29.	81.10	73.49	53.46
30.	78.28	87.09	64.72
31.	86.03	77.08	68.22
32.	87.25	78.96	63.99
33.	78.66	72.08	63.82
34.	80.67	76.00	64.55
35.	79.12	65.61	63.4
36.	96.14	75.69	64.88
37.	80.57	70.93	64.88
38.	78.05	67.68	65.45
39.	74.96	62.37	71.61
40.	73.37	63.71	77.97
41.	86.83	59.43	76.70
42.	67.94	65.45	69.45
43.	67.57	66.23	79.89
44.	71.19	72.08	66.23
45.	72.61	76.13	77.39
46.	74.91	65.50	68.41
47.	75.81	74.43	75.81
48.	80.67	66.76	86.79
49.	81.04	68.84	73.29
50.	75.65	69.03	73.85
51.	76.51	66.68	72.22

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
52.	78.54	71.19	67.68
53.	81.69	71.33	65.45
54.	76.11	76.07	45.82
55.	78.35	72.19	57.13
56.	86.40	68.84	66.34
57.	80.21	74.10	79.40
58.	70.80	74.92	67.68
59.	81.71	75.54	72.84
60.	77.04	67.07	72.84
61.	69.03	75.81	69.45
62.	78.06	72.14	64.88
63.	75.13	66.96	71.35
64.	83.92	67.41	65.17
65.	73.42	67.68	62.37
66.	72.27	71.80	61.47
67.	75.72	73.49	52.31
68.	78.74	72.95	52.31
69.	78.35	74.96	76.59
70.	75.56	98.60	66.34
71.	79.85	63.99	64.15
72.	69.45	80.05	80.94
73.	63.82	87.53	70.80
74.	75.34	75.30	81.32
75.	74.91	68.30	82.25
76.	75.08	70.65	69.03
77.	69.56	74.43	66.06
78.	74.80	76.23	60.32

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
79.	77.81	83.75	63.26
80.	85.78	67.68	63.09
81.	90.60	68.41	67.38
82.	83.51	82.37	65.61
83.	75.27	66.96	55.98
84.	77.13	67.80	66.76
85.	74.44	64.88	62.20
86.	86.59	71.45	47.45
87.	80.78	68.02	64.72
88.	79.08	83.42	71.87
89.	76.85	74.14	67.07
90.	71.41	67.68	63.82
91.	77.88	68.41	71.46
92.	66.23	73.42	78.51
93.	81.22	76.28	64.72
94.	77.01	66.34	68.76
95.	80.47	68.84	65.45
96.	96.65	62.67	70.18
97.	71.33	66.06	66.23
98.	77.00	67.94	91.59
99.	80.44	59.69	94.99
100.	71.61	72.08	79.33
101.	79.70	75.27	67.83
102.	77.46	76.66	62.37
103.	75.19	69.99	67.07
104.	66.79	76.89	59.90
105.	70.72	68.30	64.72

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
106.	88.40	73.96	76.93
107.	79.16	64.88	100.33
108.	87.83	56.24	73.96
109.	77.01	66.34	66.84
110.	101.39	79.43	76.93
111.	81.71	65.87	96.26
112.	85.81	67.23	73.96
113.	68.30	71.41	65.33
114.	81.13	75.44	55.08
115.	71.80	66.34	60.58
116.	81.63	78.32	62.37
117.	77.66	65.61	64.44
118.	86.32	63.99	73.67
119.	79.89	63.09	63.26
<b><math>\overline{TI}</math></b>	<b>78.1963</b>	<b>72.03504</b>	<b>68.86059</b>
<b><math>\overline{TI}</math> L<sub>4</sub></b>	<b>73.03064</b>		

Tabel 5. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran ke-lima (L5), dengan suhu ruangan 31°C dan kelembaban relatif  $\pm$  45%.

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
1.	78.21	63.99	92.01
2.	77.55	67.57	66.96
3.	95.24	64.44	75.86
4.	80.13	70.18	87.12
5.	69.03	66.23	70.18
6.	82.79	70.18	67.68
7.	83.99	77.84	68.22
8.	70.18	65.33	67.07
9.	79.08	66.79	72.95
10.	70.46	70.99	68.84
11.	66.23	58.54	76.24
12.	76.13	64.18	76.89
13.	72.14	63.99	76.28
14.	73.85	67.68	77.46
15.	71.41	60.79	86.52
16.	74.38	57.39	66.06
17.	73.42	62.37	65.61
18.	70.18	62.37	69.03
19.	62.20	66.79	63.26
20.	66.34	66.34	73.96
21.	76.00	59.43	67.33
22.	65.33	72.48	61.05
23.	66.96	63.71	67.49
24.	71.19	64.72	67.57

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
25.	71.95	83.29	64.88
26.	68.84	71.69	65.61
27.	66.84	67.07	62.84
28.	68.11	63.99	72.31
29.	73.49	86.50	66.68
30.	75.70	61.47	63.26
31.	71.89	58.54	66.23
32.	71.95	65.61	72.34
33.	62.37	70.80	79.43
34.	73.34	76.13	73.49
35.	80.10	64.15	72.95
36.	101.89	59.69	71.25
37.	71.19	63.82	77.01
38.	73.96	59.69	59.69
39.	73.96	66.06	69.56
40.	65.33	70.26	72.61
41.	70.18	70.72	73.37
42.	69.56	61.94	63.09
43.	70.26	68.41	61.21
44.	68.22	69.56	66.96
45.	78.32	76.96	65.61
46.	76.11	70.18	69.84
47.	74.23	73.29	62.20
48.	81.17	69.56	69.65
49.	94.15	70.18	65.45
50.	74.49	70.80	60.58
51.	76.22	65.33	68.84

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
52.	75.09	69.03	63.82
53.	69.99	66.23	61.21
54.	70.80	67.68	61.47
55.	70.18	67.21	67.68
56.	63.82	62.37	65.45
57.	70.18	66.34	72.70
58.	76.61	62.37	77.08
59.	70.72	64.88	68.92
60.	75.27	66.96	71.07
61.	92.00	61.21	68.30
62.	80.12	64.44	70.80
63.	71.54	67.07	68.30
64.	101.77	66.23	68.30
65.	80.31	69.03	69.03
66.	77.28	71.33	71.49
67.	72.34	63.09	51.84
68.	79.05	59.43	66.34
69.	92.79	70.10	65.45
70.	76.66	58.54	55.08
71.	78.13	60.58	67.57
72.	69.03	86.21	75.86
73.	76.70	67.68	59.17
74.	71.69	68.92	62.37
75.	76.54	58.28	64.72
76.	73.42	80.28	64.15
77.	73.42	78.95	71.87
78.	74.96	76.19	79.08

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
79.	77.97	77.34	65.14
80.	72.31	67.49	70.80
81.	65.45	69.03	66.79
82.	66.18	61.47	58.28
83.	74.85	56.24	66.96
84.	76.57	64.18	67.49
85.	70.80	67.57	56.24
86.	77.01	64.72	59.43
87.	95.00	62.37	70.80
88.	72.89	70.18	63.82
89.	78.35	63.99	68.92
90.	75.47	71.27	70.80
91.	75.32	71.77	62.37
92.	81.13	70.72	63.09
93.	78.86	68.92	73.81
94.	76.79	63.99	68.84
95.	71.87	66.96	66.06
96.	76.24	66.34	70.65
97.	75.18	62.56	73.14
98.	82.79	67.68	87.75
99.	85.55	58.54	63.09
100.	78.65	61.47	62.37
101.	71.80	67.41	63.26
102.	73.69	71.33	92.05
103.	89.26	74.66	70.26
104.	83.70	85.26	67.49
105.	88.34	76.28	62.20



5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
106.	78.20	68.41	60.58
107.	68.30	58.54	60.32
108.	70.26	54.61	63.99
109.	67.91	66.96	75.39
110.	73.55	98.95	65.45
111.	70.18	75.69	66.96
112.	70.80	73.42	62.11
113.	91.65	90.32	62.37
114.	78.23	78.06	64.88
115.	71.07	70.26	69.56
116.	76.66	66.18	73.55
117.	73.73	79.47	73.85
118.	70.07	70.46	81.58
119.	74.27	72.22	73.91
<b><math>\overline{TI}</math></b>	<b>75.32395</b>	<b>68.10025</b>	<b>68.60588</b>
<b><math>\overline{TI}</math> <math>L_5</math></b>	<b>70.67669</b>		

Tabel 6. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran ke-enam (L6), dengan suhu ruangan 30°C dan kelembaban relatif  $\pm$  45%.

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
1.	77.97	69.45	74.32
2.	73.23	68.72	63.26
3.	70.72	69.45	68.84
4.	69.56	73.37	72.22
5.	80.12	61.47	66.68
6.	71.95	57.13	64.44
7.	66.34	68.22	63.09
8.	73.49	70.46	61.47
9.	77.86	65.50	68.58
10.	73.49	66.23	56.24
11.	74.91	72.95	62.37
12.	77.62	70.80	72.84
13.	72.76	62.20	89.62
14.	74.38	63.26	66.23
15.	77.05	69.65	73.23
16.	81.17	74.02	61.47
17.	72.95	76.66	65.61
18.	70.80	80.52	63.99
19.	63.99	82.57	70.80
20.	77.13	69.71	56.24
21.	76.19	64.15	59.69
22.	71.33	66.06	65.45
23.	76.54	71.72	60.58
24.	92.21	71.41	59.43

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
25.	74.76	71.87	62.93
26.	70.80	74.96	65.14
27.	68.64	77.04	68.56
28.	72.81	62.37	64.88
29.	69.56	68.30	65.61
30.	80.01	65.61	69.26
31.	80.23	71.41	76.19
32.	76.28	69.42	71.19
33.	81.09	64.88	63.99
34.	74.49	81.05	56.92
35.	74.02	67.07	67.68
36.	61.05	84.72	58.54
37.	68.30	69.53	63.26
38.	69.99	71.89	61.47
39.	78.66	57.13	73.42
40.	73.55	63.26	79.36
41.	95.75	71.07	82.89
42.	65.50	72.42	71.33
43.	70.65	74.85	70.72
44.	72.61	75.27	60.32
45.	69.19	66.41	72.87
46.	63.26	64.72	66.34
47.	75.18	65.95	72.55
48.	65.61	65.33	68.41
49.	101.38	65.79	63.09
50.	70.80	71.79	68.30
51.	65.61	65.61	77.50

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
52.	79.79	72.19	71.80
53.	81.87	56.24	69.99
54.	86.86	55.08	56.66
55.	86.40	69.37	66.34
56.	78.50	62.37	59.17
57.	86.77	82.57	58.54
58.	75.86	77.84	68.84
59.	81.12	74.38	65.45
60.	82.46	72.34	57.39
61.	81.28	64.88	67.07
62.	64.88	77.90	63.82
63.	82.25	70.26	65.33
64.	70.26	70.65	65.61
65.	60.32	58.54	56.24
66.	65.79	56.24	82.98
67.	78.28	60.58	70.18
68.	70.65	64.88	71.19
69.	76.00	76.28	76.70
70.	78.35	62.37	63.99
71.	79.02	76.66	82.52
72.	77.34	59.43	63.99
73.	75.77	71.33	64.72
74.	77.46	68.64	68.84
75.	73.12	68.69	64.88
76.	68.30	67.57	68.19
77.	82.87	60.32	64.72
78.	82.51	64.88	66.96

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
79.	76.80	73.76	57.13
80.	82.20	61.47	61.47
81.	101.25	75.30	86.09
82.	75.39	67.68	72.50
83.	70.54	75.13	75.30
84.	82.52	67.96	45.82
85.	67.57	77.33	59.17
86.	75.70	75.86	68.19
87.	81.10	72.22	64.88
88.	70.80	69.37	69.84
89.	66.23	71.72	83.97
90.	69.84	67.07	72.95
91.	66.34	69.56	86.10
92.	89.01	59.17	66.76
93.	74.70	66.76	59.69
94.	58.28	70.04	71.95
95.	66.34	70.80	92.39
96.	69.65	83.86	69.65
97.	68.22	80.17	76.08
98.	98.97	63.40	63.71
99.	73.42	60.58	64.72
100.	70.96	68.30	58.54
101.	76.23	70.26	60.58
102.	70.18	61.47	64.72
103.	73.90	58.54	68.92
104.	61.47	71.33	61.94
105.	77.08	74.76	73.91

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
106.	78.86	63.35	62.37
107.	78.54	56.66	63.71
108.	76.92	69.65	93.73
109.	73.31	63.82	79.69
110.	83.53	64.88	74.32
111.	74.02	63.82	75.39
112.	70.26	68.30	68.95
113.	74.29	66.34	69.45
114.	90.55	63.09	76.70
115.	73.30	77.46	79.75
116.	85.26	73.03	65.61
117.	74.10	72.95	63.09
118.	82.98	80.10	66.96
119.	65.17	77.55	61.47
<b><math>\overline{TI}</math></b>	<b>75.32269</b>	<b>69.01471</b>	<b>67.9805</b>
<b><math>\overline{TI}</math> <math>L_6</math></b>	<b>70.77263</b>		

Tabel 7. Hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di titik 1, 2, dan 3 pada pengukuran ke-tujuh (L7), dengan suhu ruangan 27°C dan kelembaban relatif  $\pm 45\%$ .

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
1.	45.82	49.07	45.82
2.	34.73	45.82	53.93
3.	60.58	31.96	53.93
4.	37.51	31.96	65.45
5.	62.37	31.96	41.90
6.	41.90	31.96	31.96
7.	44.67	31.96	31.96
8.	55.08	31.96	31.96
9.	45.82	44.67	31.96
10.	37.51	34.73	31.96
11.	31.96	50.69	31.96
12.	31.96	31.96	59.01
13.	77.97	31.96	45.82
14.	43.05	31.96	45.82
15.	31.96	56.24	62.37
16.	31.96	53.46	57.13
17.	55.08	49.07	37.51
18.	31.96	31.96	55.08
19.	49.07	31.96	45.82
20.	47.45	31.96	51.84
21.	31.96	49.07	45.82
22.	31.96	31.96	37.51

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
23.	31.96	31.96	49.07
24.	31.96	31.96	44.67
25.	31.96	52.31	34.73
26.	31.96	31.96	64.72
27.	31.96	31.96	45.82
28.	31.96	49.07	37.51
29.	34.73	31.96	45.82
30.	54.61	31.96	60.32
31.	34.73	31.96	51.84
32.	34.73	31.96	47.45
33.	31.96	43.05	49.07
34.	34.73	53.93	58.28
35.	49.54	57.13	45.82
36.	31.96	31.96	57.39
37.	31.96	31.96	65.50
38.	31.96	31.96	34.73
39.	31.96	31.96	31.96
40.	34.73	31.96	57.39
41.	34.73	60.58	31.96
42.	47.45	43.05	31.96
43.	55.08	45.82	34.73
44.	68.30	34.73	31.96
45.	37.51	50.69	47.45
46.	31.96	34.73	52.99
47.	31.96	34.73	56.24
48.	31.96	40.28	47.45
49.	31.96	31.96	31.96



<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
50.	60.58	31.96	31.96
51.	34.73	31.96	31.96
52.	37.51	31.96	34.73
53.	31.96	31.96	31.96
54.	58.54	31.96	31.96
55.	37.51	31.96	31.96
56.	31.96	31.96	62.67
57.	31.96	31.96	66.23
58.	31.96	40.28	53.93
59.	31.96	55.08	55.08
60.	31.96	31.96	44.67
61.	43.05	31.96	45.82
62.	68.41	31.96	45.82
63.	34.73	31.96	54.61
64.	31.96	43.05	53.93
65.	31.96	64.15	34.73
66.	45.82	31.96	31.96
67.	37.51	84.70	74.31
68.	31.96	49.07	65.61
69.	31.96	62.37	34.73
70.	31.96	31.96	64.72
71.	31.96	31.96	31.96
72.	50.69	31.96	31.96
73.	37.51	31.96	47.45
74.	31.96	31.96	63.09
75.	31.96	40.28	34.73
76.	31.96	31.96	31.96

<b>5 detik ke-</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)</b>	<b>Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)</b>
77.	34.73	72.84	40.28
78.	66.84	43.05	31.96
79.	31.96	34.73	31.96
80.	57.39	31.96	31.96
81.	31.96	57.39	31.96
82.	47.45	66.06	34.73
83.	31.96	52.31	43.05
84.	31.96	31.96	62.37
85.	57.39	31.96	47.45
86.	45.82	31.96	43.05
87.	75.44	67.68	46.30
88.	34.73	52.31	31.96
89.	31.96	72.48	45.82
90.	91.32	65.45	45.82
91.	73.12	43.05	31.96
92.	37.51	34.73	31.96
93.	31.96	31.96	31.96
94.	31.96	34.73	31.96
95.	31.96	31.96	31.96
96.	31.96	60.58	31.96
97.	31.96	34.73	31.96
98.	31.96	37.51	31.96
99.	31.96	50.69	40.28
100.	58.54	31.96	34.73
101.	57.39	31.96	37.51
102.	37.51	31.96	43.05
103.	43.05	31.96	69.65

5 detik ke-	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 1 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 2 (dB)	Nilai Tingkat Intensitas Bunyi di Titik 3 (dB)
104.	31.96	31.96	45.82
105.	31.96	31.96	37.51
106.	31.96	31.96	47.45
107.	31.96	37.51	34.73
108.	31.96	34.73	31.96
109.	31.96	45.82	50.69
110.	31.96	31.96	34.73
111.	31.96	31.96	31.96
112.	31.96	31.96	45.82
113.	47.45	56.66	63.26
114.	66.34	31.96	43.05
115.	34.73	31.96	31.96
116.	31.96	37.51	45.82
117.	31.96	34.73	31.96
118.	31.96	44.67	62.20
119.	31.96	49.07	50.69
<b><math>\overline{TI}</math></b>	<b>39.95244</b>	<b>39.81815</b>	<b>43.77303</b>
<b><math>\overline{TI}</math> <b>L<sub>7</sub></b></b>	<b>41.1812</b>		

**LAMPIRAN E. FOTO KEGIATAN PENELITIAN**

