



**APLIKASI *MULTISENSOR SLM (SOUND LEVEL METER)* DISERTAI
SISTEM DATA *LOGGER* BERBASIS ARDUINO UNO
SEBAGAI ALAT UKUR KEBISINGAN
DALAM RUANGAN**

SKRIPSI

Oleh:

**Azen Ramadan
NIM. 140210102005**

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA

JURUSAN PENDIDIKAN MIPA

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**APLIKASI *MULTISENSOR SLM (SOUND LEVEL METER)* DISERTAI
SISTEM DATA *LOGGER* BERBASIS ARDUINO UNO
SEBAGAI ALAT UKUR KEBISINGAN
DALAM RUANGAN**

SKRIPSI

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

Oleh:

**Azen Ramadan
NIM. 140210102005**

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

2018

PERSEMBAHAN

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

1. Ibuku tercinta Kartinem, Bapakku Ngatiren dan Kakakku Kristiono, 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 SD 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

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.” (terjemahan potongan Surat Al-Insyirah, ayat 6-8).¹



Departemen Agama Republik Indonesia. 2000. Al Qur'an dan Terjemahnya. Semarang: CV. Asy Syifa'.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Azen Ramadan

NIM : 140210102005

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Aplikasi *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan dalam Ruangan” 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, Mei 2018

Yang menyatakan,

Azen Ramadan

NIM 140210102005

SKRIPSI

**APLIKASI *MULTISENSOR* SLM (*SOUND LEVEL METER*) DISERTAI
SISTEM DATA *LOGGER* BERBASIS ARDUINO UNO
SEBAGAI ALAT UKUR KEBISINGAN
DALAM RUANGAN**

Oleh:

**Azen Ramadan
NIM. 140210102005**

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing anggota : Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Aplikasi *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan dalam Ruangan” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Alex Harijanto, M.Si.
NIP 196411171991031001
Anggota I,

Drs. Sri Handono Budi P., M.Si.
NIP 195803181985031004
Anggota II,

Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si.
NIP. 19650713 199003 1 002

Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si
NIP. 19641230 199302 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

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

RINGKASAN

“Aplikasi *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan dalam Ruang” ; Azen Ramadan; 140210102005; 2018; 66 Halaman; Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Faktor penting dalam kehidupan sosial dimasyarakat adalah kesehatan lingkungan. 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 pendidikan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: padatnya lalu lintas kendaraan di jalan raya yang letaknya berdekatan dengan sekolah, banyaknya warga yang melintas di sekitar tempat pendidikan. Intensitas suara yang berlebihan ini tentu dapat mengganggu konsentrasi proses pembelajaran. Kebisingan dapat diukur menggunakan alat ukur kebisingan yang disebut *Sound Level Meter*. Selain menggunakan *SLM (Sound Level Meter)* 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 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 uno. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Merancang alat ukur *multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai sistem data *logger*

berbasis arduino, 2) Mengkaji tingkat kebisingan rata-rata di SMP Negeri 2 Jember pada pagi, siang dan malam hari diukur menggunakan *multisensor SLM (Sound level meter)* 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 Multisensor SLM* rancangan peneliti berkisar antara -2.09% hingga 5.71% dibanding SLM standar produksi pabrik.

Data hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi di SMP Negeri 2 Jember menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai TI bunyi pada penelitian ini adalah waktu pengukuran dan jumlah kendaraan yang melintas di jalan raya PB Sudirman yang terletak di depan dan samping SMP Negeri 2 Jember. Nilai TI bunyi rata-rata harian mencapai 70,65 dB. Nilai tersebut melebihi ketentuan pemerintah mengenai standar bising yang ditetapkan untuk tempat pendidikan yaitu sebesar 55 dB.

Berdasarkan analisis data hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa: (1) Mikrokontroler arduino uno digunakan sebagai pengendali sistem kerja rangkaian *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* dengan piranti *input* berupa *sound sensor* dan piranti *output* berupa LED, LCD, dan Sistem data *logger*, SLM rancangan peneliti dikalibrasi dengan kalibrator berupa SLM standar pabrik. SLM rancangan dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi dengan nilai *error* kurang dari 1%; (2) Faktor yang mempengaruhi nilai tingkat intensitas bunyi yang diukur di SMP Negeri 2 Jember pada penelitian ini adalah waktu pengambilan data dan jumlah kendaraan yang lewat di jalan PB Sudirman Jember. Berdasarkan data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa SMP Negeri 2 Jember dikategorikan sebagai tempat Pendidikan yang lingkungannya bising.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya, serta puji syukur kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan dalam Ruang”. 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;
4. Drs. Alex Harijanto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
5. Prof. Dr. I Ketut Mahardika, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Albertus Djoko Lesmono, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan saran dan masukan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Kepala SMP Negeri 2 Jember yang telah memberikan izin penelitian;
7. Seluruh keluarga besar Bapak Ngatiren dan Ibu Kartinem serta Kakakku Kristiono yang selalu memberi doa dan dukungan dalam penulisan skripsi ini;

8. Sahabat (Lutfiana Ditta Sari, Yuni Nurrahmawati, Rima Handayani, Nata Amalia, Hidriyatur Rizza) yang telah mendukung dan memberi semangat dalam penelitian skripsi ini;
9. Teman-teman pendidikan fisika angkatan 2014 yang telah memberi cerita serta kesan-kesan dalam 4 tahun ini.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, 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, Mei 2018

Penulis

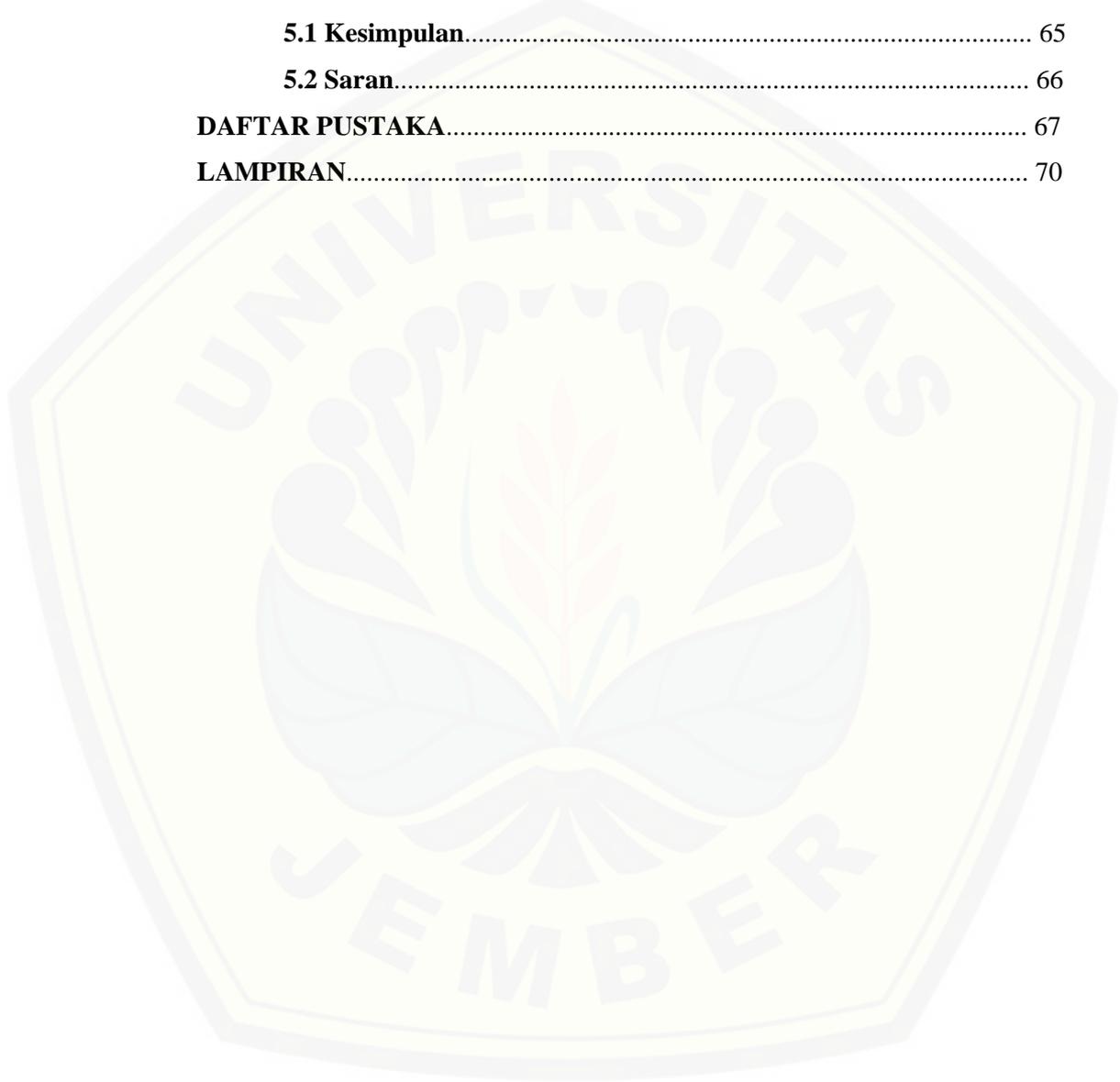
DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Gelombang	6
2.1.1 Pengertian dan Klasifikasi Gelombang.....	6
2.1.2 Persamaan Umum Gelombang.....	8
2.1.3 Persamaan Diferensial Gerak Gelombang.....	8
2.2 Bunyi	10
2.2.1 Pengertian Bunyi.....	10
2.2.2 Intensitas dan Tingkat Intensitas Bunyi.....	11
2.2.3 Tingkat Tekanan Bunyi.....	16
2.3 Kebisingan	17
2.3.1 Pengertian Bising.....	17
2.3.2 Standar Baku Kebisingan.....	19

2.3.3	Sumber Kebisingan.....	20
2.3.4	Dampak Kebisingan.....	20
2.3.5	Alat Ukur Bising.....	21
2.4	Mikrokontroler.....	23
2.5	Arduino Uno.....	24
2.6	Sensor Suara.....	26
2.7	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	27
2.8	Sistem Data <i>Logger</i>.....	28
2.9	Resistor.....	29
2.10	Micro SD.....	30
2.11	Pandangan Teori SLM (<i>Sound Level Meter</i>) Berbasis Arduino Board.....	31
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	33
3.1	Jenis Penelitian.....	33
3.2	Tempat dan Jenis Penelitian.....	33
3.3	Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel.	33
	
3.3.1	Variabel Penelitian.....	33
3.3.2	Definisi Operasional Variabel.....	33
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.5	Desain Alat Penelitian.....	37
3.5.1	Desain Rangkaian Alat.....	37
3.5.2	Desain Blok Perancangan Alat.....	37
3.5.3	Flowchart.....	38
3.5.4	Titik Lokasi Pengambilan Data.....	39
3.6	Alur Penelitian.....	40
3.7	Langkah Penelitian.....	40
3.8	Teknik Penyajian Data.....	43
3.9	Teknik Analisis Data.....	44
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1	Hasil dan Pembahasan.....	46

4.1.1	Prototype multisensor SLM berbasis Arduino.....	46
4.1.2	Data Tingkat Intensitas Bunyi di SMP Negeri 2 Jember.....	54
4.2	Pembahasan.....	58
BAB 5. PENUTUP.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN.....		70



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Penggolongan gelombang berdasarkan arah rambat dan arah getar partikel	7
2.2 <i>Sound level meter</i>	22
2.3 <i>Software IDE Arduino</i>	24
2.4 Arduino uno ATmega328P	26
2.5 Sensor suara analog.....	27
2.6 Tampilan LCD	28
2.7 SD modul	29
2.8 Resistor.....	29
2.9 Rangkaian resistor sebagai pembatas arus LED	30
2.10 Mikro <i>SD</i>	31
3.1 Perangkat <i>sound level meter digital</i> tipe SL-130	37
3.2 Rancangan alat	38
3.3 Diagram blok perancangan alat.....	38
3.4 Flowchart	39
3.5 Desain titik pengambilan data.....	40
3.6 Skema alur penelitian.....	41
4.1 Skema perangkat keras penyusun SLM.....	47
4.2 Hasil rancangan prototype.....	48
4.3 Grafik normalitas data kalibrasi pada sensor 1.....	49
4.4 Grafik normalitas data kalibrasi pada sensor 2.....	50
4.5 Grafik normalitas data kalibrasi pada sensor 3.....	51
4.6 Grafik normalitas data kalibrasi pada sensor 4.....	52
4.7 Grafik normalitas data kalibrasi pada sensor 5.....	53
4.8 Grafik TI bunyi ukur pada waktu pagi hari.....	56
4.9 Grafik TI bunyi ukur pada waktu siang hari.....	57
4.10 Grafik TI bunyi ukur pada waktu malam hari.....	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Beberapa tingkat intensitas dan intensitas bunyi	16
2.2 Beberapa istilah dalam pengukuran kebisingan.....	19
2.3 Penggolongan kebisingan berdasarkan nilai tingkat intensitas.....	20
2.4 Spesifikasi arduino uno	25
3.1 Tabel penyajian data hasil ukur kalibrasi SLM rancangan.....	44
3.2 Tabel penyajian data hasil ukur tingkat intensitas (TI) bunyi.....	45
4.1 Data hasil kalibrasi pada sensor 1.....	48
4.2 Hasil analisis regresi data kalibrasi.....	49
4.3 Data hasil kalibrasi pada sensor 2.....	50
4.4 Hasil analisis regresi data kalibrasi.....	50
4.5 Data hasil kalibrasi pada sensor 3.....	51
4.6 Hasil analisis regresi data kalibrasi.....	51
4.7 Data hasil kalibrasi pada sensor 4.....	52
4.8 Hasil analisis regresi data kalibrasi.....	52
4.9 Data hasil kalibrasi pada sensor 5.....	53
4.10 Hasil analisis regresi data kalibrasi.....	54
4.11 Hasil tingkat intensitas bunyi di SMP Negeri 2 Jember.....	55

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

A.	Matriks Penelitian	70
B.	Coding Bahasa Pemrograman C++ untuk SLM Disertai Data Logger	72
C.	Rincian Cara Menggunakan <i>Sound Level Meter</i> (SLM) Hasil Rakitan.	77
D.	Tabel Perbandingan Hasil Pengukuran Tingkat Intensitas Bunyi Menggunakan SLM Produksi Pabrik dan SLM Rancangan Peneliti.....	78
E.	Tabel Hasil Pengukuran Tingkat Intensitas Bunyi.....	83
F.	Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup	98
G.	Foto kegiatan Penelitian.....	104

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Faktor penting dalam kehidupan sosial dimasyarakat adalah kesehatan lingkungan. Berbagai aktivitas kegiatan masyarakat baik yang disadari ataupun tidak bisadari dapat menimbulkan sumber kebisingan dengan tingkat intensitas yang berbeda. Seiring dengan perkembangan zaman atau di era globalisasi teknologi dibidang industri semakin canggih dan berkembang, hal ini diakibatkan oleh karena kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Lingkungan yang sehat sangat dibutuhkan bukan hanya untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, tetapi juga untuk meningkatkan kesehatan psikologis masyarakat. Contoh dampak positif dari lingkungan yang sehat ditinjau dari sisi psikologis yaitu terciptanya kenyamanan hidup, terhindar dari *stress*, dan meningkatkan konsentrasi dalam proses pembelajaran.

Seiring pesatnya pertumbuhan penduduk, maka Semakin tinggi pengguna jasa transportasi di wilayah perkotaan menyebabkan keramaian lalu lintas pada wilayah tersebut semakin meningkat. Tingginya intensitas kendaraan yang melintas di jalan raya kota tentunya mempunyai dampak lingkungan di sepanjang jalan yang dilewati kendaraan (Purwadi, 2006). Kesehatan lingkungan dapat terganggu dengan adanya pencemaran lingkungan disebut polusi. Polusi dikelompokkan menjadi 4 macam, yaitu polusi udara, air, tanah, dan suara. Wafiroh (2013:12) dalam penelitiannya, berpendapat bahwa polusi suara atau kebisingan merupakan suara yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu pendengaran manusia.

Kebisingan dapat terjadi diwilayah perkotaan padat penduduk, daerah industri, bandara, perumahan dekat dengan rel kereta api, studio musik, di sekolah, seperti sekolah yang terletak dipinggir jalan raya. Berdasarkan observasi yang dilakukan peneliti, keramaian kota Jember dikarenakan mobilitas masyarakat yang semakin meningkat, memberikan dampak bising di ruas-ruas jalan yang ada di kota Jember, contohnya seperti di lingkungan SMP Negeri 2

Jember. SMP Negeri 2 Jember terletak tepat di pusat keramaian kota Jember, sehingga paparan kebisingan diduga sering terjadi di lingkungan SMP Negeri 2 Jember. Di SMP Negeri 2 Jember kebisingan sering kali terjadi pada saat proses belajar mengajar, karena letak kelas dari sekolah tersebut berdekatan dengan jalan raya sedangkan kendaraan yang melintas di jalanan tersebut sangat ramai, sehingga suara-suara bising sering mengganggu aktifitas belajar mengajar di sekolah. Selain berdekatan dengan jalan raya letak SMP Negeri 2 Jember juga berdekatan dengan tempat pemberhentian lalu lintas (*traffic light*), sehingga sangat rawan dengan paparan polusi kebisingan.

Umiati (2011) dalam penelitiannya, menyatakan bahwa kebisingan lalu lintas yang tinggi dalam waktu yang cukup lama akan menimbulkan suatu gangguan kenyamanan dan membuat lingkungan sekitar menjadi terganggu. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 Tentang: Baku Tingkat Kebisingan, bahwa kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Dalam buku Federal Transit Administration (FTA) (2006) juga dikatakan bahwa kebisingan biasanya dianggap sebagai suara yang tidak dikehendaki. Suara yang tidak diinginkan atau kebisingan tersebut akan menimbulkan efek yang kurang baik terhadap kesehatan maupun aktivitas orang yang bersangkutan (Ikron et al., 2007).

Sound Level Meter merupakan suatu alat untuk mengukur kebisingan. Alat ini sangat cocok digunakan dalam ruangan. SLM adalah alat ukur dengan basis pengukuran elektronik, meskipun pengukuran dapat dibuat secara langsung secara mekanis, sistem pengukuran elektronik mempunyai banyak keuntungan untuk beberapa pengukuran antara lain kecepatan sistem dalam pengambilan data, pengiriman, pengolahan, dan penyimpanan data (Buchla dan Mc Lahan, 1992). 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. Sehingga adanya alat ini, masalah kebisingan lingkungan dapat diatasi dengan membuat *barrier* (pembatas)

kebisingan di tempat bising yang 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 elektronik yang semakin pesat pada saat ini, terciptalah teknologi digital yang menjadi awal mula dibuatnya piranti canggih yang disebut mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino. Menurut (djuandi, 2011:8) Arduino merupakan sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. 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 *softwarena* 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 digunakan oleh teknisi, penghobi elektronik, maupun pemula, untuk mengembangkan alat elektronik menggunakan mikrokontroler. Misalnya arduino, perancang dapat memodifikasi sendiri rangkaian alat yang akan dibuat. Dari uraian tersebut, peneliti tertarik untuk merancang alat ukur kebisingan menggunakan mikrokontroler arduino uno.

Penelitian terkait pembuatan alat elektronik berbasis arduino telah banyak dilakukan, misalnya penelitian yang dilakukan oleh Moh Hishomudin (2016) tentang “Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Bunyi (*Sound Level Meter*) dengan Sensor Microphone Berbasis Arduino dan Android”. 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 *decibel meter* hasil rakitan peneliti. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Intan Nurjannah (2017) tentang “Rancang Bangun SLM (*Sound Level Meter*) Disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember”. Peneliti merancang alat ukur

tingkat intensitas bunyi menggunakan arduino uno dan sistem data logger untuk menyimpan data hasil pengukuran. Namun, alat ukur tersebut hanya menggunakan (satu) sensor, pada pengukuran di lima titik yang berbeda secara bergantian, dalam pemindahan sensor pengukuran terdapat faktor yang mempengaruhi pengukuran misalnya suhu, kelembapan, dll. Sehingga diperlukan penelitian lanjutan sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan menambahkan multisensor pada alat rakitan.

Berdasarkan fakta dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik melakukan penelitian tentang pengukuran kebisingan menggunakan rancangan Multisensor SLM berbasis mikrokontroler arduino. Sehingga penelitian ini diberi judul **“Aplikasi *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan dalam Ruangan”**.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a. Bagaimana prototype alat ukur *multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai sistem data *logger* berbasis arduino uno?
- b. Bagaimana tingkat kebisingan rata-rata di SMP Negeri 2 Jember pada pagi, siang dan malam hari yang diukur menggunakan *multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai sistem data *logger* berbasis arduino?

1.3 Tujuan Penelitian

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

- a. Merancang alat ukur *multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai sistem data *logger* berbasis arduino.
- b. Mengkaji tingkat kebisingan rata-rata di SMP Negeri 2 Jember pada pagi, siang dan malam hari diukur menggunakan *multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai sistem data logger berbasis arduino.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

- a. Bagi peneliti, dapat meningkatkan kemampuan dalam mengembangkan suatu alat elektronik yaitu SLM (*sound lever meter*).
- b. Bagi mahasiswa, sebagai sumber literatur untuk acuan dalam mengembangkan penelitian tentang aplikasi *multisensor SLM (Sound Level Meter)* disertai sistem data logger untuk mengukur kebisingan disuatu tempat, serta dapat digunakan untuk menambah peralatan dalam kegiatan praktikum fisika dasar pada materi intensitas bunyi.
- c. Bagi sekolah, sebagai sumber literatur untuk mengembangkan alat yang dapat digunakan dalam kegiatan praktikum mata pelajaran fisika pada meteri intensitas bunyi.
- d. Bagi masyarakat, dapat dimanfaatkan untuk mengukur kebisingan di suatu tempat tertentu, agar dapat menentukan langkah yang tepat untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan oleh kebisingan di suatu tempat tersebut.
- e. Bagi peneliti lain, dapat sebagai masukan dan referensi dalam rangka melakukan penelitian yang sejenis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

2.1.1 Pengertian gelombang dan Klasifikasi Gelombang

Gelombang didefinisikan sebagai getaran periodik yang merambat (berisolasi) 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 kesetimbangannya atau pada saat gangguan berjalan dari satu daerah ke daerah lain. Contoh dari fenomena gelombang antara lain: suara dari suatu alat musik, riak air di kolam, dan peristiwa gempa bumi (Young dan Freedman, 2012:472).

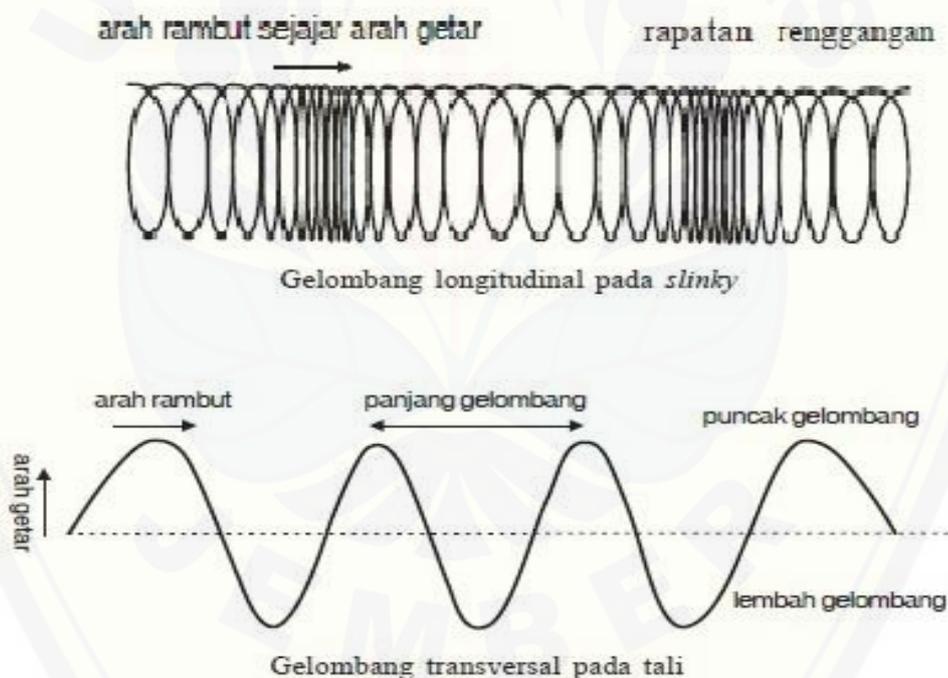
Gelombang dapat dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu berdasarkan ada tidaknya medium perantara, berdasarkan arah getar partikel-partikel medium terhadap arah rambat gelombang, dan berdasarkan sifat penjalaran gelombang. Gelombang-gelombang dapat dikelompokkan ke dalam tiga golongan sebagai berikut:

- a. Gelombang mekanik. Gelombang mekanik adalah gelombang yang memerlukan medium perantara untuk dapat merambat. Contoh dari gelombang mekanik adalah gelombang (riak) air, gelombang suara, dan gelombang (getaran) seismik.
- b. Gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium perantara untuk merambat. Contoh dari gelombang elektromagnetik adalah cahaya tampak dan ultraviolet, gelombang-gelombang radio dan televisi, gelombang-gelombang mikro (*mikrowave*), sinar-X, dan gelombang-gelombang radar.
- c. Gelombang materi. Gelombang ini bisa digunakan bersama teknologi. Gelombang ini dikaitkan dengan elektron, proton dan partikel-partikel dasar lainnya, dan bahkan dengan atom dan molekul. (Halliday, Resnick dan Walker, 2010:444).

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 gelombang cahaya.

(jati dan Priyambodo, 2009:250)



(a) Gelombang Longitudinal; (b) Gelombang Transversal

Gambar 2.1 Penggolongan gelombang berdasarkan arah rambat dan arah getar partikel

(Sumber: <http://www.fisikazone.com>)

Pengelompokan gelombang berdasarkan sifat penjalaran gelombang dapat dibagi menjadi 2, sebagai berikut:

- a. 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: senar gitar yang terikat erat di kedua ujungnya, kemudian dipetik.
- b. Gelombang berjalan (gelombang yang merambat). Gelombang ini ditandai dengan perut dan simpul gelombang yang posisinya berubah-ubah. Contohnya: pada air setelah dilempar batu maka terjadi gelombang (riak) air, yang merambat diseluruh permukaan air.

(Jati dan Priyambodo, 2009:253).

2.1.2 Persamaan Umum Gelombang

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

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

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

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

(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:

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

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

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

(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 dari persamaan 2.4 harus dipakai. Bukti bahwa $\psi(x, t) = f_1(x - vt) + f_2(x + vt)$ merupakan solusi persamaan 2.3:

$$\begin{aligned} \psi(x, t) &= f_1(x - vt) + f_2(x + vt) \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= -vf_1'(x - vt) + vf_2'(x + vt) \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= v^2 f_1''(x - vt) + v^2 f_2''(x + vt) \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= v^2 (f_1''(x - vt) + f_2''(x + vt)) \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= f_1'(x - vt) + f_2'(x + vt) \\ \frac{\partial \psi}{\partial x} &= f_1''(x - vt) + f_2''(x + vt) \end{aligned}$$

Jadi, $\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}$

Terbukti bahwa $\psi(x, t) = f_1(x - vt) + f_2(x + vt)$ merupakan solusi persamaan 2.3 (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, dapat didengar oleh telinga disebabkan oleh bergetarnya selaput telinga karena terkena gelombang longitudinal di udara, gelombang longitudinal tersebut berasal dari bunyi yang digetarkan di udara sekelilingnya. Dengan demikian bunyi disebut sebagai gelombang di udara dan udara berlaku sebagai mediumnya, bunyi yang dihasilkan tersebut tidak lain adalah sumber getaran. Getaran dapat bersumber dari medium-medium seperti kawat, batang ataupun yang sejenisnya (Soedoyo, 1986).

Bunyi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang getar mekanis di dalam udara ataupun pada benda padat, yang dalam prosesnya menghasilkan suara dapat didengar oleh telinga manusia yang masih dalam keadaan normal, dengan rentangnya antara 20-20.000 Hz. Biasanya telinga manusia mempunyai kepekaan terhadap rentang bunyi 20-20.000 Hz sesuai dengan umur dan penambahan umurnya. Selain rentang frekuensi tersebut, terdapat rentang frekuensi di bawah 20 Hz yang disebut dengan bunyi infra (*infra sounic*) dan di atas 20.000 Hz disebut dengan bunyi ultra (*ultra sounic*) (Satwiko, 2005).

Bunyi disebut sebagai getaran di udara yang dapat didengar dan gelombang di udara selaku mediumnya. Frekuensi getaran digunakan untuk menetapkan *pitch* dan intensitas bunyi diatur oleh laju energi yang ditransmisikan sepanjang gelombang. Jadi secara singkat, analisa bunyi disebut juga analisa getaran (Seto et al, 1997). Dalam penataannya bunyi menganut empat elemen yang harus diketahui, yaitu sumber bunyi (*Sound source*), penerima bunyi (*receiver*), media dan gelombang bunyi (*soundwave*) (Satwiko, 2005).

Ketika melewati medium yang homogen, bunyi akan merambat kesegala 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). Pada siang hari, lintasan gelombang bunyi adalah lurus dari sumber ke pendengaran. Sebab, suhu udara bagian bawah lebih panas dibanding dibagian atas. Sehingga, gelombang bunyi terdengar lebih lemah pada siang hari dibandingkan pada malam hari (Jati dan Priyambodo, 2009:259).

Berdasarkan pengertian tersebut, gelombang mekanis longitudinal yang merambat dari sumber getar melalui sumber medium dan dapat didengar oleh manusia dengan rentang frekuensi antara 20-20.000 Hz disebut dengan bunyi. Bunyi dengan frekuensi diatas 20.000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Sedangkan bunyi dengan frekuensi dibawah 20 Hz disebut bunyi infrasonik. Bunyi merambat dengan memindahkan energi. Selama merambat frekuensi bunyi bernilai tetap, tetapi kelajuan dan pajang gelombang yang berubah. 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 Suptandar (dalam Fitriya, 2013:10).

2.2.2 Intensitas dan Tingkat Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi dalam arah tertentu pada suatu titik merupakan laju dari energi bunyi rata-rata yang ditransmisikan dalam arah lewat satu satuan luasan yang tegak lurus pada arah yang dilewati. Secara praktis, tingkat intensitas bunyi sama dengan tingkat tekanan bunyi (Prasetio, 1985). Intensitas gelombang yang merambat merupakan jumlah rata-rata energi yang dibawa per satuan waktu oleh gelombang per satuan luas permukaan yang tegak lurus pada arah rambatan (Zemasky et al., 1999).

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/meter² (W/m²).

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.5)$$

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:

$$I = \frac{P}{A}$$

$$I = \frac{E/T}{A}$$

$$I = \frac{(K+U_s)/T}{A} \quad (2.6)$$

dimana K merupakan energi kinetik dan U_s merupakan energi potensial elastis gelombang bunyi karena bunyi merupakan gelombang longitudinal dalam bentuk rapatan dan renggangan, yang nilainya selalu positif. Kedua energi dapat dituliskan secara terpisah.

$$P = \frac{E}{T}$$

$$P = \frac{(K + U_s)}{T}$$

$$P = \frac{K}{T} + \frac{U_s}{T} \quad (2.7)$$

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:

$$\Delta x(x, t) = \Delta x \sin \left[2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \quad (2.8)$$

ambillah turunan waktu untuk mendapatkan kecepatan partikel dalam medium:

$$\begin{aligned} v(x, t) &= \frac{\partial}{\partial t} \Delta x(x, t) \\ v(x, t) &= 2\pi f \Delta x \cos \left[2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \\ v^2(x, t) &= 4\pi^2 f^2 \Delta x^2 \cos^2 \left[2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right] \end{aligned} \quad (2.9)$$

kita ketahui bahwa:

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

dapat dituliskan:

$$\begin{aligned} K &= \int_0^\lambda dK(x, 0) \\ K &= \int_0^\lambda d \frac{1}{2} m v^2(x, 0) \\ K &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} (\rho A dx) v^2(x, 0) \\ K &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} (\rho A) (4\pi^2 f^2 \Delta x^2) \cos^2 \left[-2\pi \frac{x}{\lambda} \right] dx \end{aligned} \quad (2.10)$$

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:

$$\begin{aligned} \int_0^\lambda \cos^2 \left[-2\pi \frac{x}{\lambda} \right] dx &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} \left[-\cos 2 \cdot 2\pi \frac{x}{\lambda} + 1 \right] dx \\ &= \frac{1}{2} \left[\int_0^\lambda (-\cos 4\pi \frac{x}{\lambda}) dx + \int_0^\lambda 1 dx \right] \\ &= \left[\left(-\frac{1}{4\pi\lambda} \sin 4\pi x \right)_0^\lambda + (x)_0^\lambda \right] \\ &= \left[\left(-\frac{1}{4\pi\lambda} \sin 4\pi\lambda \right) + \lambda \right] \\ &= \frac{1}{2} (\lambda) \end{aligned} \quad (2.11)$$

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

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

$$\frac{K}{T} = \pi^2 \rho A f^2 v \Delta x^2$$

masukkan persamaan di atas ke dalam rumus intensitas bunyi.

$$\begin{aligned} I &= \frac{P}{A} = \frac{2K/T}{A} \\ I &= \frac{2\pi^2 \rho A f^2 v \Delta x^2}{A} \\ I &= 2\pi^2 \rho f^2 v \Delta x^2 \end{aligned} \quad (2.12)$$

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

$$I = \frac{4\pi^2 \rho^2 f^2 v^2 \Delta x^2}{2\rho v} \quad (2.12 \text{ a})$$

$$I = \frac{(2\pi \rho f v \Delta x)^2}{2\rho v} \quad (2.12 \text{ b})$$

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

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

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

satuan akhir yang didapat adalah pascal, dimana pascal merupakan satuan dari tekanan. Dengan memasukkan perubahan tekanan (ΔP) ke dalam Persamaan (2.12 b), maka didapatkan persamaan yang menghubungkan intensitas dengan tekanan, yaitu:

$$\begin{aligned} I &= \frac{(2\pi \rho f v \Delta x)^2}{2\rho v} \\ I &= \frac{\Delta P^2}{2\rho v} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Keterangan:

I = Intensitas (W/m^2)

ΔP = Amplitudo Tekanan (Pa)

ρ = Massa Jenis (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.

Diketahui bahwa telinga manusia sensitif terhadap berbagai intensitas bunyi. Maka dari itu digunakan skala intensitas logaritmik (β), yang didefinisikan dengan persamaan:

$$\beta = (10\text{dB}) \log \frac{l}{l_0} \quad (2.14)$$

Dimana l_0 dalam persamaan adalah suatu intensitas acuan standar ($= 10^{-12} \text{W/m}^2$), 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 dan intensitas untuk sejumlah bunyi yang umum, diketahui sebagai berikut:

Tabel 2.1 Beberapa tingkat intensitas dan intensitas bunyi

Sumber bunyi	Tingkat intensitas (dB)	Intensitas (W/m^2)
Pesawat jet pada jarak 30 m	140	100
Ambang rasa sakit	120	1
Konser rock yang keras dalam ruangan	120	1
Sirine pada jarak 30 m	100	1×10^{-2}
Interior mobil, yang melaju pada 90 km/jam	75	3×10^{-5}
Lalu lintas jalan raya yang sibuk	70	1×10^{-5}
Percakapan biasa, dengan jarak 50 cm	65	3×10^{-6}
Radio yang pelan	40	1×10^{-8}
Bisikan	20	1×10^{-10}
Gemerisik daun	10	1×10^{-11}
Batas pendengaran	0	1×10^{-12}

(Giancoli, 2001:411)

2.2.3 Tingkat Tekanan Bunyi

Gelombang longitudinal, khususnya gelombang yang terdengar sebagai bunyi apabila masuk ke telinga dalam daerah frekuensi 20-20.000 Hz disebut sebagai gelombang bunyi. Gelombang bunyi yang masuk ke telinga, mengakibatkan partikel-partikel udara yang berada pada selaput gendang bergetar pada frekuensi dan amplitudo tertentu, dan dapat pula dikatakan bahwa getaran tersebut merupakan variasi tekanan udara pada selaput gendang telinga. Tekanan udara yang ada pada selaput gendang tersebut naik melebihi tekanan atmosfer, lalu turun kembali sampai di bawah tekanan atmosfer dengan gerak harmonik yang memiliki frekuensi sama dengan frekuensi pada partikel udara yang sebelumnya. Selisih antara tekanan udara pada selaput gendang dengan tekanan atmosfer disebut sebagai amplitudo tekanan. Amplitudo tekanan berbanding lurus dengan amplitudo perpindahan (Zemansky et al., 1999).

Prasetio (1985 dalam Wafiroh, 2013:6) menjelaskan bahwa tekanan bunyi merupakan penyimpangan pada tekanan pada 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). Untuk menghormati Alexander Graham Bell maka terdapat kata *Bel* dalam skala desibel.

Skala desibel dari tingkat bunyi ditetapkan dengan membandingkan bunyi acuan dengan amplitudo tekanan $\Delta P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, yang ditetapkan sebagai tingkatan tekanan bunyi 0 dB. Jadi *sound pressure level* (SPL dan L_p) atau tingkat tekanan intensitas bunyi, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I = \frac{\Delta P^2}{2\rho v}$$

$$\log \frac{l}{l_0} = \log \left(\frac{(\Delta P^2)/(2\rho v)}{(\Delta P_0^2)/(2\rho v)} \right)$$

$$\log \frac{l}{l_0} = \log \left(\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)^2 \right)$$

$$\log \frac{l}{l_0} = 2 \log \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)$$

$$10 \log \frac{l}{l_0} = 20 \log \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right)$$

$$L_p = 20 \log \left(\frac{\Delta P}{\Delta P_0} \right) \quad (2.15)$$

Keterangan:

L_p = Tingkat Tekanan Intensitas Bunyi (dB)

ΔP = Amplitudo Tekanan (N/m^2)

(Rossing, 1990:86).

2.3 Kebisingan

2.3.1 Pengertian Bising

Davis Cornwell dalam Djalante (2010) mendefinisikan, bahwa kebisingan berasal dari kata bising yang artinya semua bunyi yang mengalihkan perhatian, mengganggu, atau berbahaya bagi kegiatan sehari-hari. Bising, umumnya didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dan juga dapat menyebabkan polusi lingkungan. Ditambahkan lagi oleh Djalante (2010) suara adalah sensasi atau rasa yang dihasilkan oleh organ pendengaran manusia, ketika gelombang-

gelombang suara dibentuk di udara sekeliling manusia melalui getaran yang diterimanya.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (1996) mendefinisikan, bahwa kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Sedangkan menurut Sv Szokolay dalam jurnal penelitian Setiawan (2010) kebisingan didefinisikan sebagai getaran-getaran yang tidak teratur, dan memperlihatkan bentuk yang tidak biasa. Faktor-faktor yang mempengaruhinya antara lain adalah pola intensitas, frekuensi dan pembangkitan. Kebisingan itu sendiri biasanya dianggap sebagai bunyi yang tidak dikehendaki. Bunyi terjadi ketika telinga manusia mendengar pada tekanan kecil yang naik turun di udara, yang disebabkan oleh pergerakan getaran dari benda padat.

Terdapat berbagai macam sumber penyebab kebisingan. Sumber bising berdasarkan letaknya dibedakan menjadi dua, yaitu:

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

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

Tabel 2.2 Beberapa istilah dalam pengukuran kebisingan

Simbol	Pengertian
$L_p(10)$	Pembobotan-A tingkat tekanan bunyi
L_{10}	Pembobotan-A tingkat tekanan bunyi lebih dari 10 persen dalam satu waktu
L_{50}	Pembobotan-A tingkat tekanan bunyi lebih dari 50 persen dalam satu waktu
L_{90}	Pembobotan-A tingkat tekanan 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 kebisingan yang diukur antara pukul 10.00 PM dan 7.00 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:

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

Berikut ini merupakan beberapa penggolongan kebisingan secara umum:

Tabel 2.3 Penggolongan kebisingan berdasarkan nilai tingkat intensitas

Sumber Bunyi	Tingkat Intensitas(dB)	Penggolongan
Jet lepas landas 60 m	120	Tak tertahankan
Lokasi konstruksi	110	
Teriakan (1.5m)	100	
Truk berat 15 m	90	Sangat bising
Jaran perkotaan	80	
Interior mobil	70	Bising
Percakapan normal (1m)	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).

2.3.3 Sumber Kebisingan

Sumber-sumber bising pada dasarnya ada tiga macam, yaitu sumber bising titik, sumber bising bidang dan sumber bising garis. Kebisingan yang diakibatkan lalu lintas adalah kebisingan garis (Suroto, 2010). Sumber-sumber kebisingan menurut Prasetio (1985) dapat bersumber dari:

- a. Bising *interior* yaitu sumber bising yang bersumber dari manusia, alat-alat rumah tangga, atau mesin-mesin gedung.
- b. 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.

2.3.4 Dampak Kebisingan

Sound power yang dihasilkan dari kendaraan pada jalan raya akan terakumulasi antara satu kendaraan dengan kendaraan lain dan akan menyebabkan terjadinya kebisingan lalu lintas. Kebisingan merupakan salah satu bentuk pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu dan merusak pendengaran manusia. Berdasarkan Kep Men No. 48/MENLH/1 1/1996 tentang baku mutu

kebisingan, bahwa kebisingan adalah suara yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan.

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.

Bising tidak hanya berpengaruh kepada sistem pendengaran manusia saja, tetapi akan mengganggu organ tubuh lainnya seperti adrenalin meningkat, pembuluh darah mengkerut tekanan darah naik, hormon tiroid naik, jantung berdebar, reaksi otot, gerakan usus, pupil melebar dan lain sebagainya.

Secara fisiologi kebisingan juga mengganggu antara lain kesulitan tidur, mudah lelah, kejengkelan, penurunan kerja, kelainan jiwa dan lain-lain. Selain itu bising mengganggu langsung kegiatan manusia sehari-hari, berupa gangguan non audiometrik dan nonfisiologi. Gangguan tersebut antara lain adalah kurangnya konsentrasi terutama pada kegiatan ajar mengajar, dan atau kegiatan ibadah, bahkan komunikasi kurang maksimal sehingga siswa atau jemaah tidak dapat menerima informasi dengan baik.

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.

2.3.5 Alat Ukur Bising

Suara atau bunyi memiliki intensitas yang berbeda, contohnya jika kita berteriak suara kita lebih kuat dari pada berbisik, sehingga teriakan itu memiliki energi lebih besar untuk mencapai jarak yang lebih jauh. Unit untuk mengukur

intensitas bunyi adalah desibel (dB). Skala desibel merupakan skala yang bersifat logaritmik. Penambahan tingkat desibel berarti kenaikan tingkat kebisingan yang cukup besar. 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: [www. http://tenmars.com](http://tenmars.com))

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya.

Menurut Adi (2010:105-106) dalam bukunya yang berjudul “Mekatronika” , 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 mikroprosesor pada PC mencapai GHz, sedangkan pada mikrokontroler antara 1-16 MHz. Kapasitas mikroprosesor dan mikrokontroler juga berbeda. Pada RAM dan ROM PC, kapasitasnya mencapai orde Gbyte. Sedangkan pada mikrokontroler hanya berkisar orde byte/Kbyte.

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).

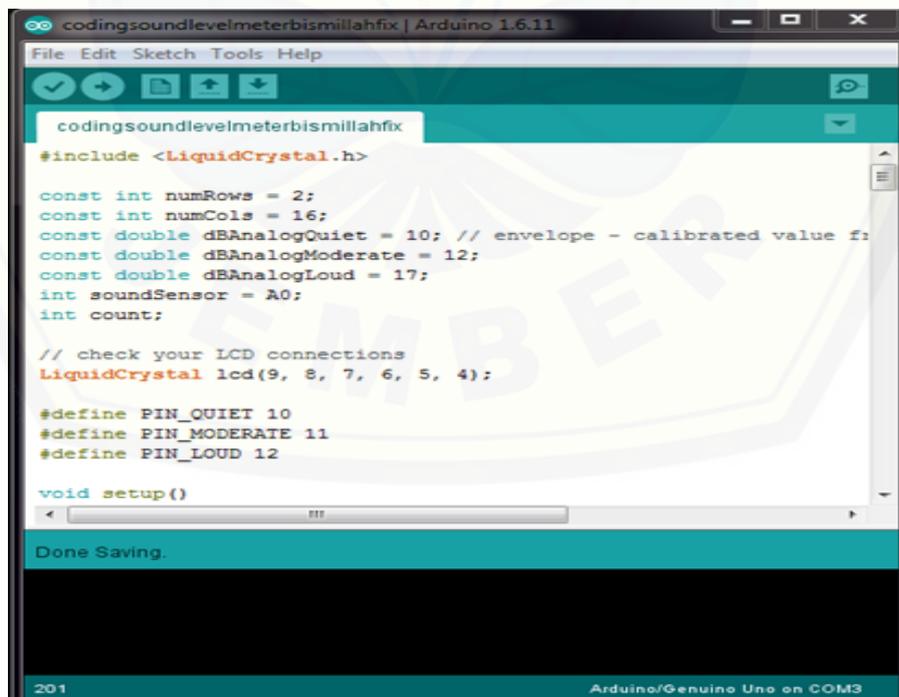
Dengan adanya mikrokontroler, pembuatan alat elektronika menjadi lebih mudah. Selain pengoperasiannya yang mudah, harga mikrokontroler juga dinilai

murah. Adanya terobosan teknologi mikrokontroler inilah yang menjadi salah satu faktor kemajuan di bidang elektronika yang semakin pesat pada saat ini.

2.5 Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, 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).



Gambar 2.3 Software IDE Arduino

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	ATmega238P
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 bootloader
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: <http://www.arduino.cc>)

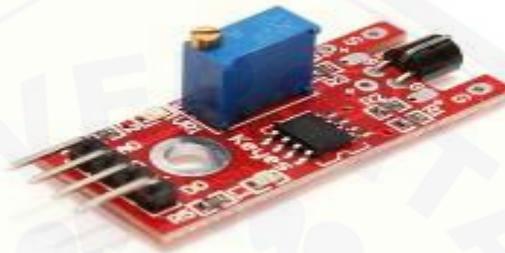
2.6 Sensor Suara

Adi (2010:167) menjelaskan Sensor yaitu 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.

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:// http://www.ipower-electronics.com/products/ky-036](https://http://www.ipower-electronics.com/products/ky-036))

2.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

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 (Nurchahyo dalam Fitriandi, dkk., 2016:93).

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 2.6 Tampilan LCD

(Sumber: <https://www.sparkfun.com/products/13293>)

2.8 Sistem Data Logger

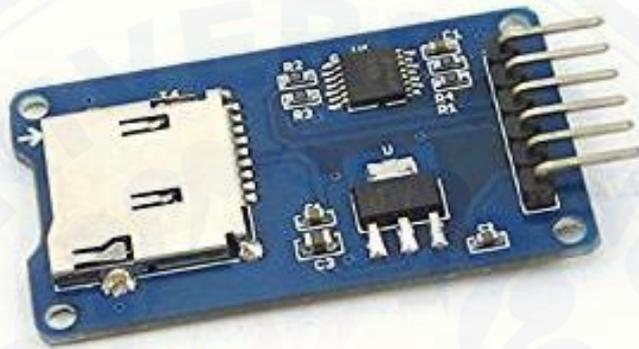
Hartono (2013:25-26) menjelaskan bahwa SD modul atau SD Card Shield merupakan modul yang digunakan untuk mengirim data ke SD card. Pinout dari SD modul dapat dihubungkan ke Arduino maupun mikrokontroler lainnya, sehingga bermanfaat untuk menambah kapasitas penyimpanan data dan pencatatan data (data logger 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.

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:

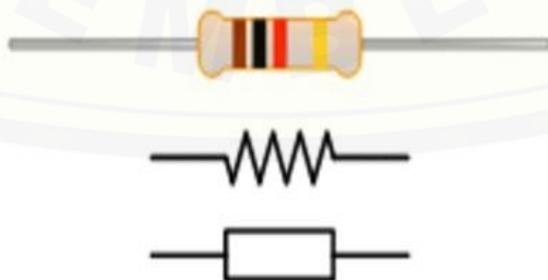
1. Bekerja pada tegangan : 5V
2. Ukuran : 20 x 28mm (0.79 x 1.10")
3. Interface : SPI
4. Sesuai digunakan untuk : MicroSD(TF)



Gambar 2.7 SD modul
(Sumber: <https://www.amazon.co.jp>)

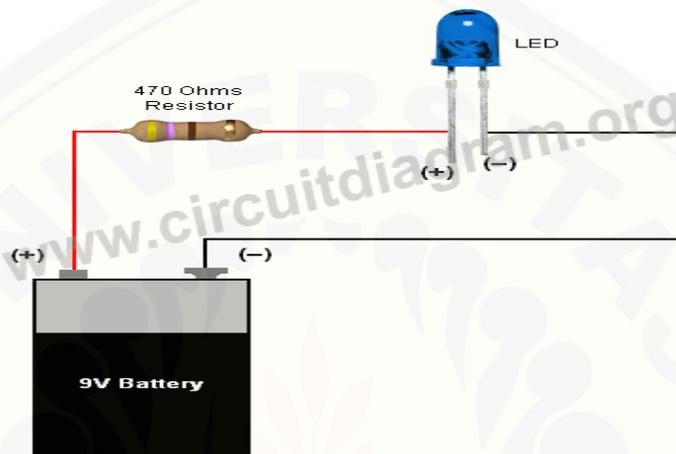
2.9 Resistor

Resistor merupakan komponen yang mempunyai sifat resistansi. Pengertian dari resistansi merupakan material yang cenderung menghambat arus listrik. Satuan resistansi adalah Ohm (Ω). Nilai resistor dalam rangkaian bervariasi antara 0,1 Ω hingga 10 M Ω (Adi, 2010:13). Gambar dan lambang resistor dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8 Resistor dan simbolnya
(Sumber: <http://zoniaelektro.net>)

Adi (2010:17) menjelaskan bahwa 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.



Gambar 2.9 Rangkaian resistor sebagai pembatas arus LED
(Sumber: [http:// www.circuitdiagram.org/simple-basic-led-circuit.html](http://www.circuitdiagram.org/simple-basic-led-circuit.html))

2.10 Micro SD

Yasa (2011:3) menjelaskan bahwa 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.

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).

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 (Hartono, 2013:28).



Gambar 2.10 SD card
(Sumber: <https://www.amazon.it>)

2.11 Teori Multisensor SLM (*Sound Level Meter*) Berbasis Arduino Board

Multisensor SLM (*sound level meter*) terdiri dari penjelasan mengenai piranti yang digunakan untuk membuat SLM dan penjelasan tentang tahapan perakitan alat dari awal sampai akhir. Dalam pembuatan alat ini, digunakan IC ATmega 328p sebagai perangkat keras pengendali utama pada rangkaian elektronik. IC ATmega 328p telah terpasang menjadi satu pada board

mikrokontroler arduino uno, sehingga perakitan lebih mudah dilakukan. Perangkat keras selanjutnya yang digunakan dalam rangkaian ini adalah sensor bunyi KY-037. Sensor ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu microphone electret, sound set point adjust, power LED, sound detected LED, LM393 Op-Amp, serta 4 pin (A0, G, +, dan D0) untuk menghubungkan sensor ke mikrokontroler. Beberapa pin (A0, A1, A2, A3, A4, G, dan +) dihubungkan ke Arduino. Gelombang suara akan dideteksi oleh microphone electret. Selanjutnya, gelombang suara akan diubah menjadi sinyal listrik dan diteruskan ke Arduino uno, melalui pin analog (A0, A1, A2, A3, dan A4).

Ketika sinyal listrik menjadi input pada arduino, nilai tingkat intensitas bunyi yang terdeteksi akan dimunculkan melalui LCD disimpan secara otomatis dalam system data logger. 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.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur kebisingan rata-rata di SMP Negeri 2 Jember menggunakan multisensor SLM (*Sound Level Meter*) disertai sistem data logger berbasis arduino uno hasil rancangan peneliti.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang berjudul “Aplikasi Multisensor SLM (*Sound Level Meter*) disertai Sistem Data *Logger* Berbasis Arduino Uno” bertempat di laboratorium fisika lanjut program studi pendidikan fisika universitas jember dan SMP Negeri 2 Jember. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester ganjil/genap tahun ajaran 2017/2018.

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 pagi, siang dan malam hari.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat intensitas bunyi.
- c. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah alat ukur, yaitu SLM (*sound level meter*) standar pabrik.

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 tingkat kebisingan dari kebisingan 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 *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* rancangan peneliti. Sebelum digunakan, SLM hasil rancangan peneliti diuji keakuratannya dengan cara membandingkan data hasil pengukuran menggunakan *multisensor SLM* rancangan peneliti dengan SLM buatan pabrik.

c. Pengambilan data tingkat intensitas bunyi dilakukan berdasarkan waktu yang telah ditentukan, yaitu 2 waktu pada siang hari dan 1 waktu pada malam hari.

d. Sumber Bunyi

Sumber bunyi pada penelitian ini adalah bunyi yang dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan di jalan. Letak sumber bunyi diasumsikan tetap dan tidak berpindah, yaitu 8 meter dari bagian ruangan kelas IX F dan VIII A SMP Negeri 2 Jember.

e. Jarak pengukuran dengan sumber bunyi

Alat ukur diletakkan di beberapa titik didalam ruangan suatu tempat. Penempatan alat dilakukan dengan cara meletakkan secara bersamaan sensor satu alat pada masing-masing titik yang sudah ditentukan.

- 1) Titik 1: terletak dibagian tengah dari pintu masuk ruangan suatu tempat. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 8 meter.
- 2) Titik 2: terletak dibagian sudut kanan dari pintu masuk ruangan suatu tempat. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 10,8 meter.
- 3) Titik 3: terletak dibagian sudut kanan jauh dari pintu masuk ruangan suatu tempat. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 13 meter.

- 4) Titik 4: terletak dibagian sudut kiri dari pintu masuk ruangan suatu tempat. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 10,8 meter.
- 5) Titik 5: terletak dibagian sudut kiri jauh dari pintu masuk ruangan suatu tempat. Jarak dari sumber bunyi (jalan raya) adalah 13 meter.

f. Waktu Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada pagi, siang dan malam hari, dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) L1 (pengukuran pagi) diambil pada jam 08.00 mewakili jam 07.00-11.00 pada 5 titik secara bersamaan di dua ruangan
- 2) L2 (pengukuran siang) diambil pada jam 13.00 mewakili jam 11.00-17.00 pada 5 titik secara bersamaan di dua ruangan
- 3) L3 (pengukuran malam) diambil pada jam 18.00 mewakili jam 17.00-19.00 pada 5 titik secara bersamaan di dua ruangan

Pengukuran tingkat intensitas bunyi (dB) dilakukan selama 10 menit untuk setiap pengukuran menghasilkan 120 data Tingkat intensitas bunyi. Pembacaan dilakukan setiap 5 (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 : 1dB



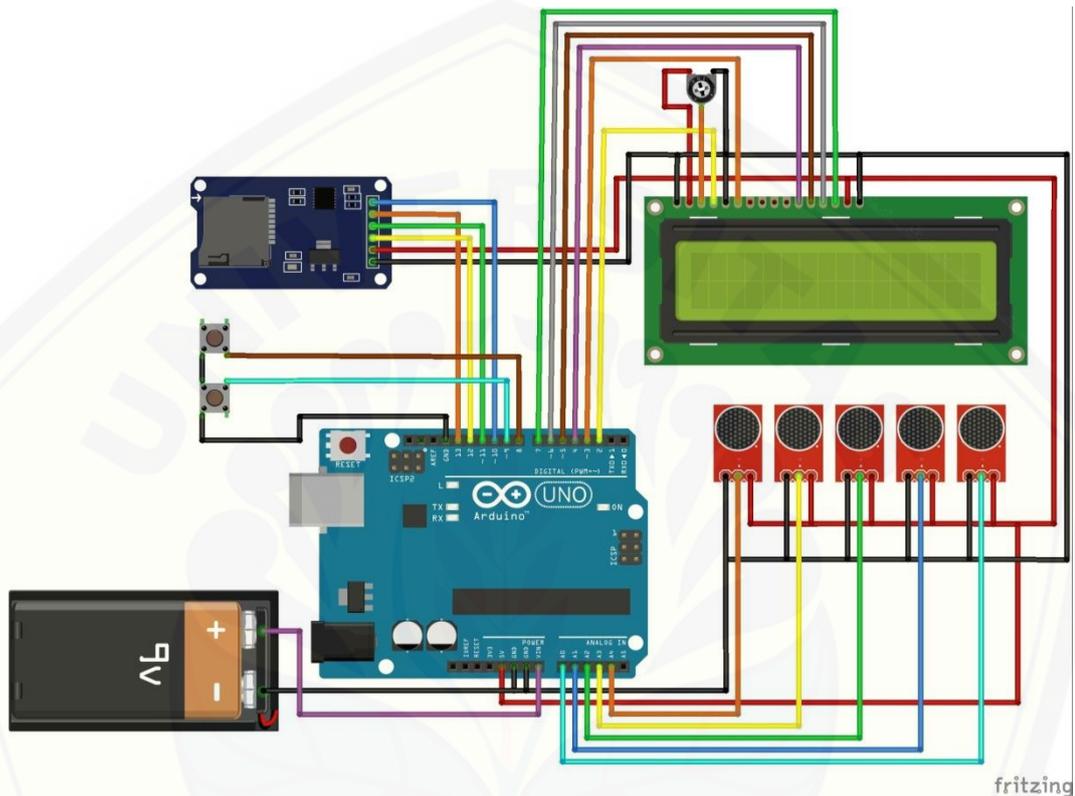
Gambar 3.1 Sound level meter
(Sumber: [www. http://tenmars.com](http://tenmars.com))

- b. Arduino uno
- c. *Sound sensor* sebanyak 5 buah dengan kode produk KY-038
- d. *SD Module* dengan kode produk SKU-316412
- e. *SD Card* dengan kapasitas 8 GB
- f. LCD ukuran 16 x 2 cm
- g. Trimmer potensiometer (trimpot) dengan R sebesar 1 K Ω sebanyak 1 buah
- h. *Power bank* dengan *output voltage* sebesar 5 volt
- i. Resistor 330 Ω sebanyak 3 buah
- j. Kabel *jumper male to male* dan *female to male*
- k. *PCB* sebanyak 1 buah
- l. Meteran untuk mengukur jarak antara sumber kebisingan dengan titik pengukuran.

3.5 Desain Alat Penelitian

3.5.1 Desain Rangkaian Alat

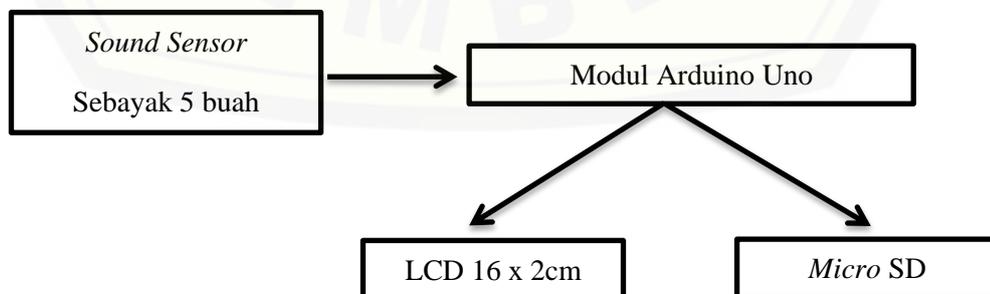
Penelitian menggunakan desain rangkaian alat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.2 Rancangan alat

3.5.2 Desain Blok Perancangan Alat

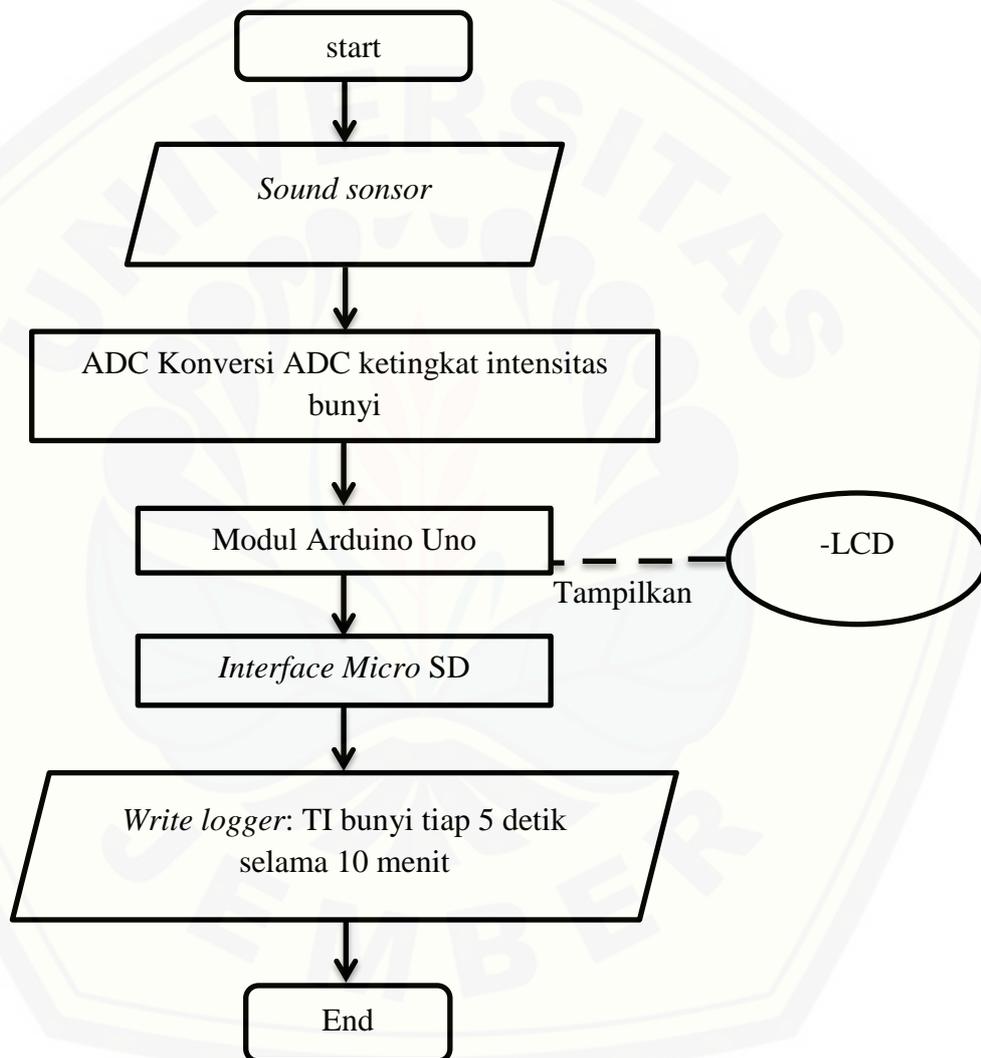
Secara umum, diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.3 Diagram Blok Perancangan Alat

Rancangan alat sendiri terdiri dari *Sound Sensor* sebanyak 5 buah sebagai input pendeteksi bunyi, arduino sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali rangkaian, LCD sebagai *output* tampilan, dan sistem data *logger* sebagai *output* penyimpanan data yang telah didapat selama pengukuran.

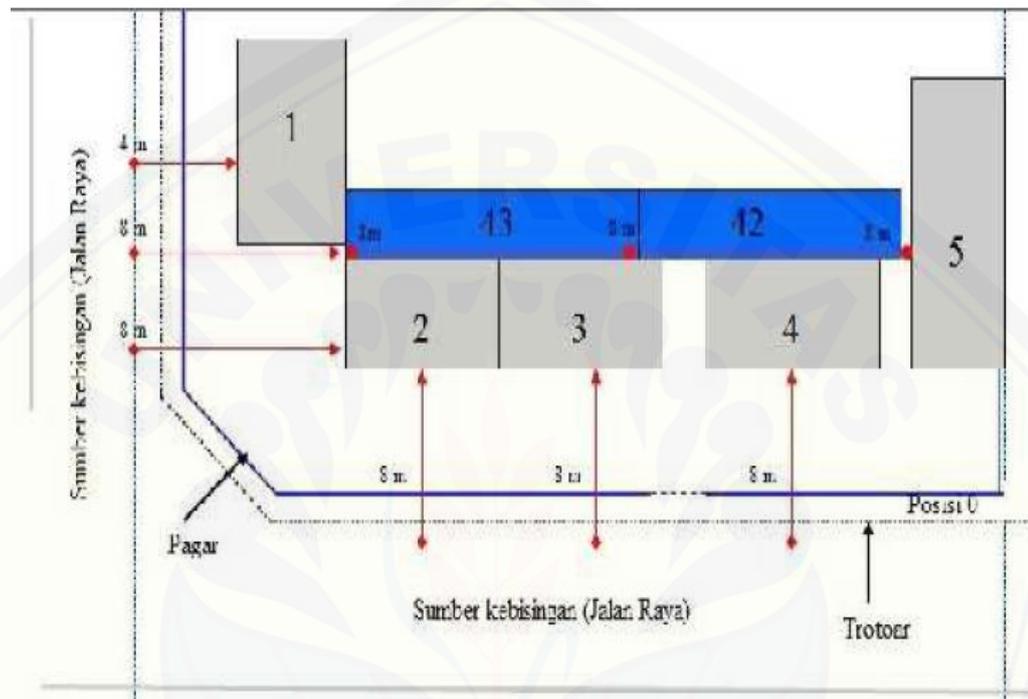
3.5.3 Flowchart



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 desain titik pengambilan data seperti dibawah ini:



Keterangan :

- = Lantai 1 (Ruang Bawah)
- = Lantai 2 (Ruang Atas)

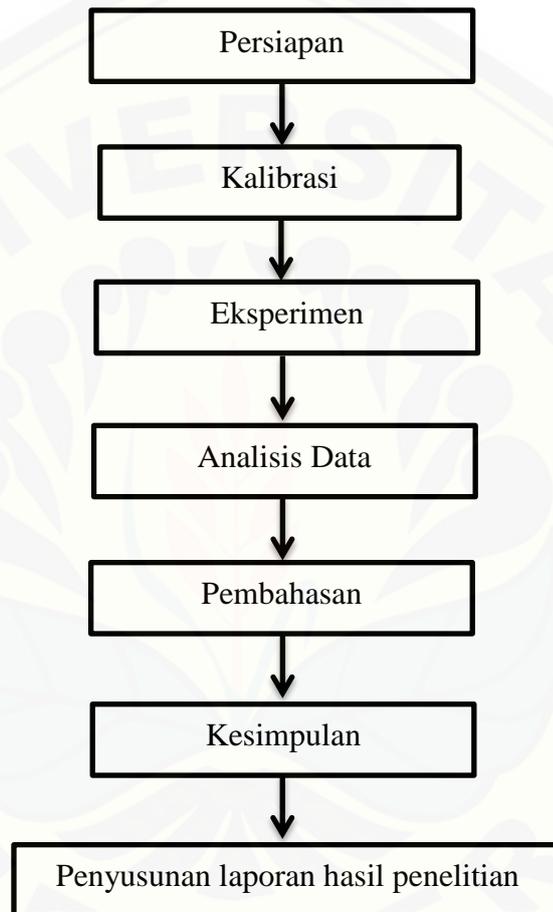
Gambar 3.5 Titik lokasi pengambilan data penelitian

Dari gambar 3.5 dapat dilihat bahwa titik-titik pengambilan data ditentukan pada beberapa lokasi dan diutamakan pada ruang kelas yang berdekatan dengan sumber kebisingan yaitu ruang kelas VIII A pada nomor 3 dan ruang kelas IX F pada nomor 4. Beberapa ruang yang berdekatan dengan sumber kebisingan pada ruang kelas lantai 1 yaitu ruang 3, ruang 4. 2 Titik sensor dengan panjang jarak penempatan sensor pada sudut ruang kelas 10,8 dan 13 meter dari sumber bunyi pada ruang kelas VIII A dan 2 Titik sensor dengan panjang jarak penempatan sensor pada sudut ruang kelas dengan 10,8 dan 13 meter dari sumber bunyi pada

kelas IXF, serta 1 titik sensor dengan panjang jarak 8 meter dari sumber ditempatkan pada lorong antara kelas VIIIA dan IXF.

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 pada subbab 3.4 disediakan terlebih dahulu. Alat dan bahan yang digunakan harus sudah dalam kondisi berikut:

- a) *Sound Level Meter* produksi pabrik siap digunakan sebagai kalibrator
- b) Arduino uno dapat disambungkan ke PC, *software* IDE arduino sudah *ter-install* dan siap digunakan

b. Merangkai alat dan bahan

Menyusun set alat percobaan seperti pada gambar . kemudian melakukan input *coding* bahasa pemrograman ke arduino uno melalui PC, dengan menyesuaikan alat elektronika yang dipakai dengan kode pemrograman yang tertera dibagian lampiran.

c. Penelitian

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

- 1) Sebelum pengambilan data dilakukan, multisensor SLM hasil rakitan perlu dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan SLM produksi pabrik. Proses kalibrasi dilakukan dilaboratorium fisika lanjut FKIP Fisika Universitas Jember.
- 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 10 data tingkat Intensitas Bunyi, yang diukur secara bersama-sama. Tabel perbedaan nilai Intensitas Bunyi pada kedua SLM (nilai *error*) dapat dilihat dilampiran.
- 4) Setelah dilakukan kalibrasi, dapat dilakukan pengambilan data di suatu tempat.
- 5) Pada pengukuran (L1) pada jam yang telah ditentukan, rangkaian alat diletakkan di 5 (lima) titik pengukuran yang telah ditentukan dengan ketinggian 1 meter diatas tanah. Dipilih ketinggian 1 meter karena diasumsikan posisi pembelajaran siswa didalam suatu ruangan saat duduk yaitu ketinggian 1 meter.
- 6) Rincian cara menggunakan SLM hasil rakita tertera pada lampiran.
- 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 setiap 5 detik sekali.
 - 9) Didapatkan data dengan jumlah sebanyak 120 data pada setiap titik pengukuran selama 10 menit.
 - 10) Pada jam 13.00 selanjutnya, dilakukan pengukuran kedua (L2).
 - 11) Mengulangi langkah penelitian 6 sampai 10.
 - 12) Mengulangi pengukuran dari langkah 6 sampai 11, pada siang dan malam hari, di waktu yang telah ditentukan pada subbab 3.3.3 bagian e (L1 sampai dengan L3).
 - 13) Tabel hasil pengukuran tingkat intensitas bunyi dapat dilihat pada lampiran.
- 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 menggunakan analisis regresi untuk mengetahui SLM rancangan telah valid dan dapat digunakan sebagai alat ukur kebisingan standar dan kemudian hasil pengukuran dianalisis berdasarkan teori apakah tingkat intensitas bunyi rata-rata pada waktu pagi, siang, dan malam hari disuatu tempat di jember 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 data 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 yang telah dilakukan.

3.8 Teknik Penyajian Data

Data yang diperoleh dari eksperimen akan ditabulasikan dalam tabel berikut:

Tabel 3.1 Tabel penyajian data hasil ukur kalibrasi SLM rancangan

NO	Nilai tingkat intensitas bunyi pada SLM pabrik (dB)	Nilai tingkat intensitas bunyi pada SLM rakitan (dB)	Nilai <i>error</i> (%)

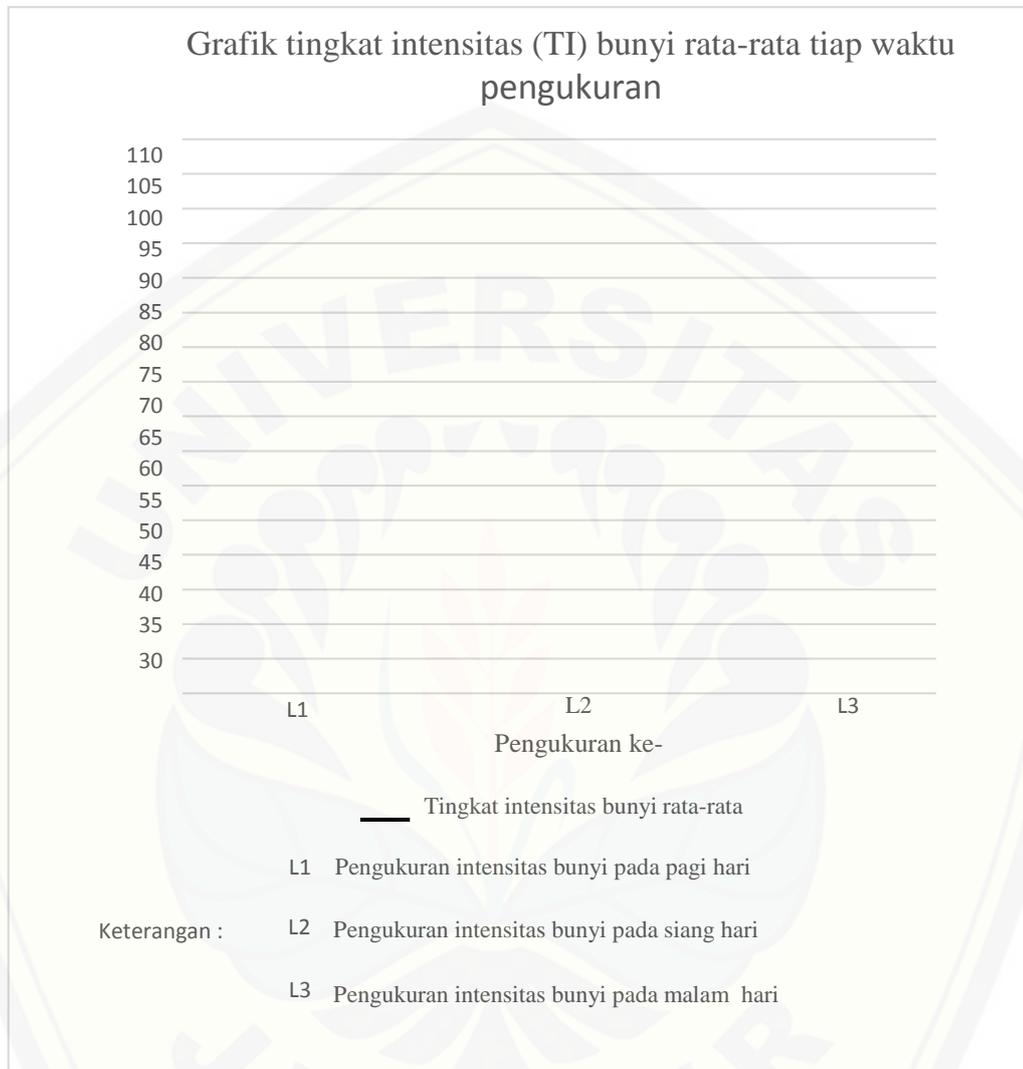
Nilai *error* (%) = tidak boleh melebihi 1%

$$\frac{\text{nilai TI bunyi pada SLM standart pabrik} - \text{nilai TI bunyi pada SLM rancangan}}{\text{nilai TI bunyi pada SLM standart pabrik}} \times 100\%$$

Tabel 3.2 Tabel penyajian data hasil ukur tingkat intensitas bunyi

Waktu pengu- kuran	Pukul	Si- mb- ol	Rata- rata TI di titik 1 dB	Rata- rata TI di titik 2 dB	Rata- rata TI di titik 3 dB	Rata- rata TI di titik 4 dB	Rata- rata TI di titik 5 dB	Rata- rata TI di 5 titik (dB)	L _{eq} (dB)	L _{PSM} (dB)
Pagi	08.00								L _P =	
Siang	11.00								L _S =	...
Malam	18.00								L _M =	

Grafik tingkat intensitas bunyi rata-rata pada tiap waktu pengukuran, digambarkan pada grafik sebagai berikut:



Gambar 3.7 Grafik tingkat intensitas bunyi rata-rata pada tiap waktu pengukuran

3.9 Teknik Analisis Data

Ketentuan pengisian tabel sebagai berikut:

- 1) Tabel tingkat intensitas bunyi (dB) pada L1 diisi dengan data hasil pengukuran rata-rata pada 08.00. pengukuran pada 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 5 titik pengukuran dirata-rata dan dimasukkan pada tabel kolom tingkat

intensitas bunyi (dB) (pada L1). Tabel lengkap pada setiap titik ukur akan dicantumkan di halaman lampiran. Ketentuan pengisian tingkat intensitas bunyi (dB) pada (L2 sampai dengan L3) sama dengan ketentuan pengisian pada L1.

- 2) Pada kolom L_{eq} (dB), dibagi menjadi tiga bagian, yaitu L_P , L_S , dan L_M . L_P merupakan L_{eq} pada pagi hari, L_S merupakan L_{eq} pada siang hari, sedangkan L_M merupakan L_{eq} pada malam hari. Berdasarkan waktu pengambilan data, L_P , L_S , dan L_M dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L_P = 10 \log \frac{1}{4} \{T1 10^{0.1.L1}\} \text{ dB (A)}$$

$$L_S = 10 \log \frac{1}{6} \{T2 10^{0.1.L2}\} \text{ dB (A)}$$

$$L_M = 10 \log \frac{1}{2} \{T3 10^{0.1.L3}\} \text{ dB (A)}$$

dimana T merupakan rentang waktu pada tiap pengukuran (Tiap L). Misalkan pada L1, dilakukan pengukuran pada pukul 08.00 mewakili pukul 07.00 – 11.00 (Giancoli, 2001:309)

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

$$L_{PSM} = 10 \log \frac{1}{12} \{4.10^{0.1.L_P} + 6.10^{0.1.L_S} + \dots + 2.10^{0.1.L_M}\} \text{ dB (A)}$$

- 4) Setelah diketahui nilai L_{PSM} , selanjutnya tingkat kebisingan di SMP Negeri 2 Jember dapat dikategorikan sebagai tempat yang memenuhi standar atau tidak, berdasarkan keputusan pemerintah tentang standar nilai kebisingan maksimal di Pendidikan, yaitu 45-55 dB.

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

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

- a. *Multisensor SLM (sound level meter)* adalah alat ukur dengan basis pengukuran elektronik, sistem pengukuran elektronik mempunyai banyak keuntungan untuk beberapa pengukuran antara lain kecepatan sistem dalam pengambilan data, pengiriman, pengolahan, dan penyimpanan data. *Mikrokontroler* arduino uno digunakan sebagai pengendali sistem kerja rangkaian *Multisensor SLM (Sound Level Meter)*, dengan piranti input berupa sound sensor dan piranti output berupa LCD, dan sistem data logger. *Multisensor SLM (Sound Level Meter)* rancangan peneliti telah diuji dengan cara mengkalibrasi hasil ukur dengan kalibrator berupa SLM standar pabrik. Didapatkan grafik normalitas dengan data berada di sekitar garis normal dengan nilai error untuk sensor 1 sebesar 0,999%, sensor 2 sebesar 1%, sensor 3 sebesar 0,999%, sensor 4 sebesar 0,999%, dan sensor 5 sebesar 1%. Hal ini berarti data hasil pengukuran menggunakan *multisensor SLM* rancangan peneliti mendekati nilai data yang diukur menggunakan SLM standar. Artinya, SLM rancangan peneliti telah valid dan dapat digunakan untuk mengukur tingkat intensitas bunyi
- b. Faktor yang mempengaruhi nilai tingkat intensitas bunyi yang diukur di SMP Negeri 2 Jember pada penelitian ini adalah waktu pengambilan data dan jumlah kendaraan yang lewat di jalan PB Sudirman Jember. Berdasarkan data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa SMP Negeri 2 Jember dikategorikan sebagai tempat pendidikan yang lingkungannya dengan tingkat kebisingan rata-rata mencapai 70.65 dB melebihi ketetapan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tahun (1996) tentang baku tingkat kebisingan, menyebutkan tingkat kebisingan standar untuk lingkungan tempat pendidikan adalah 45-55 dB.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan dari hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian tingkat kebisingan di lingkungan SMPN 2 Jember, dapat diusulkan sebagai masukan kepada sekolah untuk melakukan penanganan pengurang bising yang mungkin dapat dilakukan dengan *barrier vegetasi* kebisingan, terutama pada titik-titik lokasi yang sudah diukur tingkat kebisingannya dan yang terpapar kebisingan lebih tinggi. Perlu juga dilakukan penelitian lebih lanjut, untuk memastikan tingkat kebisingan di ruang kelas VIIIA dan IXF di SMP Negeri 2 Jember yang berdekatan dengan sumber bunyi kendaraan di jalan raya. Sehingga nantinya apabila dalam penelitian tersebut tetap menghasilkan kesimpulan yang sama dari penelitian sebelumnya, maka perlu diusahakan agar tingkat kebisingan tersebut dikurangi. Penanganan bising yang mungkin cocok untuk mengurangi tingginya kebisingan yang diterima adalah dengan memasang *barrier* dalam bentuk tanaman atau vegetasi, karena pengurangan bising dengan *barrier* tanaman, dapat mengurangi kebisingan dengan memotong garis perambatan gelombang suara dari sumber ke penerima dan tidak mengurangi estetika keindahan lingkungan SMP Negeri 2 Jember.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 18 Juni 2017].
- Arduino. 2017. <https://www.arduino.cc/>. [Diakses pada 20 Junii 2017].
- Arduino. 2017. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Diakses pada 10 Junii 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. *Repositori.USU*.<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1435/1/07002749.pdf>. [Diakses pada 18 Juni 2017].
- 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 Juni 2017].
- Circuit diagram. 2014. <http://www.circuitdiagram.org/simple-basic-led-circuit.html>. [Diakses pada 11 Juni 2017].
- Departemen Agama Republik Indonesia. 2000. Al Qur'an dan Terjemahnya. Semarang: CV. Asy Syifa'.
- DFRobot. 2017. <https://www.dfrobot.com/>. [Diakses pada 11 Juni 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 18 Juni 2016].

- Earl, B. 2017. Adafruit Data Logger Shield. <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-data-logger-shield.pdf>. [Diakses pada 27 Juni 2017].
- Elektronika Dasar. 2013. <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-diode/>. [Diakses pada 23 Juni 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. 2017. <http://fritzing.org/download/>. [Diakses pada 17 Juli 2017].
- Gabriel, J. F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Giancoli, D. C. 2001. *Physics: Principles with Applications*. 5th 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*. 7th 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.
- Hidayati, N. 2007. Pengaruh Arus Lalu Lintas Terhadap Kebisingan (Studi Kasus Beberapa Zona Pendidikan Di Surakarta). *Dinamika TEKNIK SIPIL*. Volume 7, No. 1, Januari 2007: 45-54.
- Ikron, Djaja, I. M., dan Wulandari, R. A. 2005. Pengaruh Kebisingan Lalu Lintas Jalan Terhadap Gangguan Kesehatan Psikologi Anak SDN Cipinang Muara Kecamatan Jatinegara Kota Jakarta Timur Propinsi DKI Jakarta. *Makara, Kesehatan*. VOL. 11, NO. 1, Juni 2007: 32-37.
- 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.
- Nurjanah, I. 2017. Rancang Bangun SLM (Sound Level Meter) disertai Data Logger Baerbasis Arduino Uno Sebagai Alat Ukur Kebisingan di Masjid Sunan Kalijaga Jember. *Skripsi*. Jember. Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember.
- Pain, H.J. 1995. *The Physics of Vibration and Waves*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Rossing, T. D. 1990. *The Science of Sound*. 2nd ed. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Satwiko, P. 2005. *Fisika Bangunan 1 (edisi 2)*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Umiati, S. 2011. Pengaruh Tata Hijau Terhadap Tingkat Kebisingan Pada Perumahan Jalan Ratulangi Makassar. *Teknika* 2. 2011. 12-19.

