



**RANCANG BANGUN HARPA LASER BERBASIS MIKROKONTROLLER  
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN MINAT BELAJAR  
MUSIK DI SD PANCA BUDI MEDAN**

Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**NAMA : DEA ARDIYANTI**

**N. P. M : 1724210427**

**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**

**PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
MEDAN**

**2019**

**RANCANG BANGUN HARPA LASER BERBASIS MIKROKONTROLLER  
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN MINAT BELAJAR  
MUSIK DI SD PANCA BUDI MEDAN**

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi

**SKRIPSI**

**OLRH**

**NAMA : DEA ARDIYANTI**  
**NPM : 1724210427**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO**  
**PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK**

Diketahui dan Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Hamdani, S.T., M.T.

M. Rizky Syahputra, S.T., M.T.

Diketahui dan Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Program Studi



Hamdani, S.T., M.T.

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DEA ARDIYANTI

NPM : 1724210427

Prodi : TEKNIK ELEKTRO

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN HARPA LASER BERBASIS

MIKROKONTROLLER SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN

MINAT BELAJAR MUSIK DI SD PANCA BUDI MEDAN

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri, bukan pengambilan alihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat oleh orang lain secara keseluruhan atau sebagian besar, maka skripsi ini dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Medan, 22 Oktober 2019

Yang Menyatakan,

A green revenue stamp from Indonesia, labeled 'METERAI DEKONTRASI' and '5000 RUPIAH'. The stamp includes a serial number 'D3641A1-140895/29'. A handwritten signature is written over the stamp.

**DEA ARDIYANTI**

NIM. 1724210427

## **LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DEA ARDIYANTI

NPM : 1724210427

Prodi : TEKNIK ELEKTRO

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN HARPA LASER BERBASIS

MIKROKONTROLLER SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN

MINAT BELAJAR MUSIK DI SD PANCA BUDI MEDAN

Menyerahkan karya ilmiah skripsi saya kepada UPT Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi. Dengan demikian saya memberikan hak kepada UPT Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi untuk menyimpan, mengelola dalam pangkalan data, mengalih media, mendistribusikan, dan mempublikasikannya di Internet atau media lain, untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis. Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Medan, 22 Oktober 2019

Yang Menyatakan,



**DEA ARDIYANTI**  
NIM. 1724210427





# UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

## FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

### PERMOHONAN MENGAJUKAN JUDUL SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DEA ARDIYANI  
 Tgl. Lahir : TELUK MERBAU / 20 Juni 1996  
 NIM / NPM : 1724210427  
 Jurusan : Teknik Elektro  
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Kredit yang telah dicapai : 120 SKS, IPK 3,68

ini mengajukan judul skripsi sesuai dengan bidang ilmu, dengan judul:

Judul SKRIPSI	Perseetujuan
Perancangan Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroler sebagai Upaya Peningkatan Minat Belajar Musik di SD Panca Budi Medan	<input checked="" type="checkbox"/>
Perancangan Bangun Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis ATmega8535	<input type="checkbox"/>
Perancangan Bangun Alat Perebus dan Pengupas Telur Slap Konsumsi	<input type="checkbox"/>

yang disetujui oleh Kepala Program Studi diberikan tanda:

Medan, 24 Januari 2019

Pemohon,

( Dea Ardiyani )

Rektor :  
  
 ( Ir. Bhakti Alamsvah, M.T., Ph.D. )

Nomor :  
 Tanggal :

Disetujui oleh:  
 Drkan  
  
 ( Sri Shanti Indira, S.T., M.Sc. )

Tanggal :  
 Disetujui oleh:  
 Ka. Prodi Teknik Elektro

( Hamdani, ST., MT )

Tanggal : 24/1/19

Disetujui oleh:  
 Dosen Pembimbing I:

( Hamdani, ST., MT )

Tanggal :  
 Disetujui oleh:  
 Dosen Pembimbing II:

( Risky Syahputra )

Telah Diperiksa oleh LPMU dengan Plagiarisme... 58%

02 OKTOBER 2019

AN. Ka. LPMU

HUSNI M. B. MONGGA, BA., M.Sc.

FM-BPAA-2012-041

Hal : Pemohonan Meja Hijau

Medan, 02 Oktober 2019  
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan  
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI  
UNPAB Medan  
Di  
Tempat

Telah di terima  
berkas persyaratan  
dapat di proses  
Medan, 03/10/2019

Ka. BPAA

an. Teguh Wahyono, SE., NIM.

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : DEA ARDIYANTI  
Tempat/Tgl. Lahir : Teluk Merbau / 20 Juni 1996  
Nama Orang Tua : Drs. AGUNG RIYANTA  
N. P. M : 1724210427  
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
Program Studi : Teknik Elektro  
No. HP : 081365221827  
Alamat : Teluk Merbau

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul Rancang Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroler sebagai Upaya Peningkatan Minat Belajar Musik di SD Panca Budi Medan, Selanjutnya saya menyatakan :

- Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
- Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
- Telah tercap keterangan bebas pustaka
- Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
- Terlampir pas photo untuk Ijazah ukuran 4x6 - 5 lembar dan 3x4 - 5 lembar Hitam Putih
- Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan Ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
- Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
- Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna pengilid diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
- Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
- Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan Ijazah)
- Sebelum menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
- Bersedia melunaskan biaya-biaya yang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaklud, dengan rincian rbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	Rp. 650.000
2. [170] Administrasi Wisuda	Rp. 300.000
3. [202] Bebas Pustaka	Rp. 100.000
4. [221] Bebas LAB	Rp. 5.000
Total Biaya	Rp. 2.495.000
	Rp. 3.125.000

5 - UKT.

Rp. 5.380.000 Ukuran Toga :  
Rp. 425.000 5.380.000

8/10/19

JM

M

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
Diketahui/Disetujui oleh:  
Sri Sunarti Andira, S.T.M., M.Sc.  
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya

DEA ARDIYANTI  
1724210427

Catatan :

- 1. Surat permohonan ini sah dan bertaku bila :
  - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
  - b. Melampirkan Bukti Pembayaran uang kuliah akhir semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mks. ybs.

TANGKAP PUSTAKA  
No. 823/Perp/Bp/2019  
Dinyatakan tidak ada sangkut  
paut dengan Perpustakaan  
02 OKT 2019  
UNPAB INDONESIA  
Teguh Wahyono, SE., NIM.

UKM CENTER  
10/10/2019

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
UNPAB INDONESIA  
Teguh Wahyono, SE., NIM.





Universitas : Universitas Pembangunan Panca Budi  
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
 Pembimbing I : Hamdam, S.T., M.T.  
 Pembimbing II : Muhammad Rizky Syahputra, S.T., M.T.  
 Mahasiswa : DEA ARDIYANTI  
 Program Studi : Teknik Elektro  
 Pokok Mahasiswa : 1724210427  
 Pendidikan : Si  
 Tugas Akhir/Skripsi : Rancang Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroler  
 Sebagai Upaya Peningkatan Minat Belajar Musik  
 di SP. Panca Budi Medan

WAKTU	PEMBAHASAN MATERI	PARAF	KETERANGAN
2019	- Pengajuan judul		
2019	- Pembinaan Persiapan Seminar proposal		
2019	- Seminar proposal		
19	- Siapkan Dasar teori yg berkenaan dengan Rancangan		
19	- Visualisasi (video) hasil Penelitian		
19	- Perbaiki Finshing alat		
19	- Lengkapilah Solusi isi Skripsi		
19	- Ace Seminar Hasil		
19	- Ace Sidang		

Medan, 29 Mei 2019  
 Diketahui/Ditetujui oleh :  
 Dekan,  
  
 Sa Shindi Indira, S.T., M.Sc.



**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI**  
**FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI**

Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Telp (061) 8455571  
 website : www.pancabudi.ac.id email: unpub@pancabudi.ac.id  
 Medan - Indonesia

Universitas : Universitas Pembangunan Panca Budi  
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI  
 Pembimbing I : Hamdani, S.T. M.T.  
 Pembimbing II : Muhammad Rizky Syahputra, S.T. M.T.  
 Mahasiswa : DEA ARDIYANTI  
 Jurusan/Program Studi : Teknik Elektro  
 NIM/Pokok Mahasiswa : 1724210427  
 Bidang Pendidikan : SI  
 Tugas Akhir/Skripsi : Rancang Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroler  
 sebagai upaya Peningkatan Minat Belajar Musik  
 di SD Panca Budi Medan

NO	ANGGAL	PEBAHASAN MATERI	PARAF	KETERANGAN
1	2019	- Acc judul	/	
2	2019	- Review Tulisa bab I	/	
3	2019	- Sematkan Tulisa dan paraf	/	
4	2019	- Layout bab II	/	
5	2019	- Revisi bab II, Tulisa & Tab Tulisan	/	
6	2019	- Layout bab III	/	
7	2019	- Siapkan dasar teori yang bersesuaian dengan rancangan	/	
8	2019	- Visualisasi (video) hasil penelitian	/	
9	2019	- Perbaiki Finishing alat	/	
10	2019	- Lengkapi seluruh isi skripsi	/	
11	2019	- ACC Seminar Hasil	/	
12	2019	- Perbaiki Tulisa & Spun serta Serta pada Bab III 5/2 P	/	
13	2019	- Buat Lambang Pangscha	/	

14/2019 - Acc Sidang  
 15-2019 - Acc Jilid ke-1

Medan, 28 Mei 2019  
 Diketahui/Ditetujui oleh :  
 Dekan,



Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc.



# Plagiarism Detector v. 1092 - Originality Report:

Analyzed document: 30/09/2019 11:21:10

## "DEA ARDIYANTI\_1724210427\_TEKNIK ELEKTRO.docx"

Licensed to: Universitas Pembangunan Panca Budi\_License4



Relation chart:



Distribution graph:

Comparison Preset: Rewrite. Detected language: Indonesian

Top sources of plagiarism:

% 7	wrds: 844	<a href="https://jurnal.pcb.ac.id/index.php/elementer/article/view/53/21">https://jurnal.pcb.ac.id/index.php/elementer/article/view/53/21</a>
% 7	wrds: 843	<a href="https://alatmusik.net/alat-musik-harpa/">https://alatmusik.net/alat-musik-harpa/</a>
% 7	wrds: 843	<a href="https://alatmusik.net/alat-musik-harpa">https://alatmusik.net/alat-musik-harpa</a>

Show other Sources: ]

Processed resources details:

234 - Ok / 31 - Failed

Show other Sources: ]

Important notes:

Wikipedia:

Google Books:

Ghostwriting services:

Anti-cheating:





YAYASAN PROF. DR. H. LAOTRIN VABITA  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
**LABORATORIUM KOMPUTER**  
Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4.5 Sei Sikambing Telp. 061-8455571  
Medan - 20122

KARTU BERAS PRAKTIKUM

Yang bertanda tangan di bawah ini Ka. Laboratorium Komputer dengan ini menerangkan bahwa

- Nama : DEA ARDIYANTI
- N.P.M. : 1724210427
- Tingkat/Semester : Akhir
- Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
- Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Baru dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Komputer Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 31 Agustus 2019



# BERITA ACARA SERAH TERIMA PERLENGKAPAN SKRIPSI

Pada hari ini: Senin, tanggal: 14 Oktober 2019

Telah diserahkan perlengkapan skripsi, yang terdiri atas :

1. peralatan/ miniatur/rancangan/prototype/desain/ mock up
2. CD berisi file skripsi dengan format ms Word dan coding program lengkap

Dari skripsi yang berjudul :

Rancang Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroler Sebagai Upaya  
Untuk Peningkatan Minat Belajar Musik di SD Panca Budi Medan

Perengkapan skripsi sebagaimana tertulis diatas, diserahkan kepada Program Studi Teknik Elektro/ Teknik komputer/ Sistem komputer, Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan, untuk keperluan pendidikan, dan diizinkan untuk dikembangkan seperlunya.

Demikianlah berita acara ini dibuat, untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, 14 Oktober 2019

Yang menyerahkan  
Alumni Yhs.

(Ota Andhyanti)

Yang menerima  
AnKa. Prodi Teknik Elektro

Ahmad Taufiq  
(Handant, ST, MT)



**RANCANG BANGUN HARPA LASER BERBASIS MIKROKONTROLLER  
SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN MINAT BELAJAR  
MUSIK DI SD PANCA BUDI MEDAN**

**Dea Ardiyanti\***

**Hamdani, S.T., M.T.\***

**Muhammad Rizky Syahputra, S.T., M.T.**

**Universitas Pembangunan Panca Budi**

**ABSTRAK**

Rancang bangun harpa laser ini dibuat dengan desain unik dan senar dari laser serta speaker sebagai output suaranya, sehingga ini dapat membuat daya tarik, rasa penasaran dan minat siswa di SD Panca Budi Medan untuk lebih mengenal alat musik harpa. Cara kerja alat ini adalah pada kondisi awal semua cahaya laser mengarah ke sensor LDR, ketika salah satu cahaya laser dihalangi maka LDR tersebut tidak menerima cahaya yang kemudian *output* LDR akan diterima oleh mikrokontroller dan akan mengirimkan frekuensi *tone* ke *speaker*. *Speaker* akan mengeluarkan suara (*tone*) sesuai dengan frekuensi tersebut. Tegangan output sensor pada saat terang adalah 0,1 volt dan pada saat gelap 2,2 volt. Pengujian yang dilakukan pada harpa laser menunjukkan bahwa kinerja bunyi yang dihasilkan oleh *output* arduino yang kemudian dikirim ke *speaker* hasilnya 100% bekerja dengan baik serta rata-rata *error* yang dihasilkan pada saat pengujian frekuensi ini adalah 0,048% yang berarti nada-nada yang dihasilkan oleh *speaker* sudah sangat mendekati bunyi nada musik asli.

**Kata Kunci :** Harpa, Laser, Sensor LDR, Speaker, *Tone*

\* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro

\*\* Dosen Program Studi Teknik Elektro

**DESIGN OF LASER HARP BASED ON MICROCONTROLLER  
TO INCREASE LEARNING INTEREST MUSIC  
IN SD PANCA BUDI MEDAN**

**Dea Ardiyanti\***

**Hamdani, S.T., M.T.\***

**Muhammad Rizky Syahputra, S.T., M.T.**

**University Of Pembangunan Panca Budi**

**ABSTRACT**

The design of the laser harp is made with a unique design and the strings of the laser and the speakers as its sound output, so that this can create attraction, curiosity and interest of students at SD Panca Budi Medan to get to know the harp music instrument. The way this tool works is that in the initial condition all laser light leads to the LDR sensor, when one of the laser light is blocked then the LDR does not receive the light which then the LDR output will be received by the microcontroller and will send tone frequencies to the speaker. The speaker will sound according to the frequency. The sensor output voltage when it is bright is 0.1 volts and when it is dark 2.2 volts. Tests conducted on a laser harp show that the sound performance produced by the arduino output which is then sent to the speaker is 100% working well and the average error produced when testing this frequency is 0.048% which means the tones produced by the speaker is very close to the sound of original music.

**Keywords:** Harp, Laser, LDR Sensor, Speaker, Tone

\* Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro

\*\* Dosen Program Studi Teknik Elektro

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR .....	iii
DAFTAR TABEL.....	v

### BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Metode Penulisan .....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	4

### BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Sejarah Alat Musik Harpa .....	6
2.2. Pengertian Alat Musik Harpa .....	10
2.3. Cahaya Merambat Lurus .....	12
2.4. Dioda Laser .....	14
2.5. Sensor Cahaya LDR .....	18
2.6. Switch.....	22
2.7. Bunyi .....	24
2.8. <i>Amplifier</i> .....	26
2.9. IC LM 386 .....	31
2.10. Speaker .....	32
2.11. Mikrokontroler .....	36
2.12. Arduino Mega 2560.....	40
2.12.1. Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	41
2.12.2. Catu Daya.....	42



2.12.3. Memory .....	43
2.12.4. <i>Input dan Output</i> .....	43
2.12.5. Komunikasi .....	45

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Blok Diagram .....	47
3.2. Perancangan Mekanik Harpa Laser .....	48
3.3. Perancangan Perangkat Keras .....	49
3.3.1. Rangkaian Sensor LDR dan Switch .....	49
3.3.2. Rangkaian Speaker .....	55
3.3.3. Rangkaian Keseluruhan .....	57
3.4. Perancangan Flowchart .....	59

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Sumber Tegangan .....	61
4.2. Pengujian Sensor LDR .....	63
4.3. Perhitungan Arus Total Rangkaian Keseluruhan .....	67
4.3.1. Perhitungan Arus pada Sensor LDR .....	67
4.3.2. Perhitungan Arus <i>Toggle Switch</i> .....	70
4.3.3. Perhitungan Arus pada <i>Amplifier</i> .....	70
4.3.4. Perhitungan Arus pada <i>Speaker</i> .....	71
4.4. Pengujian Kinerja Bunyi Harpa Laser .....	73
4.5. Pengujian Frekuensi Nada .....	75

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	78
5.2. Saran .....	79

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sejarah Harpa Laser .....	6
Gambar 2. 2. Alat Musik Harpa .....	11
Gambar 2. 3. Cahaya Merambat Lurus .....	13
Gambar 2. 4. Sinar Laser.....	14
Gambar 2. 5. Dioda Laser .....	16
Gambar 2. 6. Simbol LDR .....	19
Gambar 2. 7. LDR (Light Dependent Resistor) .....	21
Gambar 2. 8. Toggle Switch .....	23
Gambar 2. 9. Simbol Switch SPDT .....	24
Gambar 2. 10. Flow Chart audio amplifier .....	29
Gambar 2. 11. Datasheet LM 386 .....	31
Gambar 2. 12. Speaker .....	33
Gambar 2. 13. Speaker .....	34
Gambar 2. 14. Arduino Mega .....	41
Gambar 2. 15. Pemetaan Pin ATMega 2560.....	45
Gambar 3. 1. Blok Diagram .....	47
Gambar 3. 2. Perancangan Mekanik Harpa Laser.....	48
Gambar 3. 3. Perancangan Mekanik Harpa Laser Tampak Depan .....	49
Gambar 3. 4. Skema Rangkaian Sensor .....	50
Gambar 3. 5. Program pin sensor LDR.....	51
Gambar 3. 6. Program sensor sebagai input.....	52
Gambar 3. 7. Rangkaian toggle switch .....	52
Gambar 3. 8. Program pin switch.....	53
Gambar 3. 9. Program switch sebagai input .....	54
Gambar 3. 10. Program logika sensor LDR dan Switch .....	54
Gambar 3. 11. Rangkain speaker .....	56
Gambar 3. 12. Program nilai frekuensi .....	56
Gambar 3. 13. Skema Rangkaian Harpa Laser .....	57

Gambar 3. 14. Flowchart Rancangan Harpa Laser .....	59
Gambar 4. 1. Power Supply untuk Laser .....	62
Gambar 4. 2. Power Supply untuk Arduino, Sensor dan Speaker .....	63
Gambar 4. 3. Proses Pembuatan Rangkaian untuk Sensor LDR.....	63
Gambar 4. 4. Sensor LDR pada saat menerima cahaya laser .....	64
Gambar 4. 5. Rangkaian Sensor LDR.....	68
Gambar 4. 6. Rangkaian speaker.....	71
Gambar 4. 7. Dokumentasi pengambilan data frekuensi .....	77



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Frekuensi nada .....	26
Tabel 2. 2. Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	41
Tabel 4. 1. Pengukuran Tegangan Output pada Sensor LDR (terang).....	65
Tabel 4. 2. Pengukuran Tegangan Output pada Sensor LDR (gelap).....	66
Tabel 4. 3. Tegangan dan Arus pada Sensor LDR.....	69
Tabel 4. 4. Data kinerja output suara laser .....	73
Tabel 4. 5. Data pengukuran frekuensi .....	75

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroller sebagai Upaya Peningkatan Minat Belajar Musik di SD Panca Budi Medan”. Skripsi ini disusun dan digunakan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian akhir memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Dalam penelitian dan penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. H. Muhammad Isa Indrawan, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
2. Ibu Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Hamdani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing I.
4. Bapak M Risky Syahputra, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II.
5. Seluruh Dosen dan Staf Universitas Panca Budi Medan yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teristimewa kepada Mama, Bapak, Adik, Andung, Atuk dan seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil serta doa demi kelancaran belajar dalam menempuh gelar Sarjana di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
7. Seluruh teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan masukan selama penyelesaian skripsi ini.
8. Rekan-rekan Teknik Elektro kelas Karyawan Reg II LB Malam.
9. Semua pihak yang telah membantu terselesainya skripsi ini secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dengan keterbatasan dan kemampuan yang penulis memiliki, skripsi ini jauh dari sempurna. Untuk itu penulis sangat menghargai adanya

masukan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi sempurnanya penulisan ini.  
Semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Medan, Oktober 2019  
**Penulis,**

**DEA ARDIYANTI**  
**NPM.1724210427**

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Musik merupakan salah satu hal yang disukai semua kalangan. Mulai dari anak-anak, remaja, dewasa sampai orang tua. Musik memiliki banyak macam jenis dan cara memainkannya. Setiap orang biasanya memiliki selera musik yang berbeda dan menyukai jenis alat musik yang berbeda pula. Tidak terkecuali para orang tua yang menyukai musik dan mahir memainkannya yang kemudian akan ditularkan *hobby* bermain musik tersebut kepada anak-anak mereka. Jadi musik sudah diperkenalkan kepada anak sejak kecil atau sejak duduk di bangku Sekolah Dasar. Sebagian sekolah juga sangat mendukung adanya seni musik sebagai mata pelajaran tambahan, ekstrakurikuler ataupun ikut serta mengadakan pelatihan *marching band* di Sekolah Dasar.

Namun pada kenyataannya tidak banyak siswa Sekolah Dasar yang berminat untuk memainkan alat musik. Mereka hanya mempunyai minat melihat dan mendengar lantunan musik yang dimainkan. Oleh karena itu dibuatlah “Rancang Bangun Harpa Laser Berbasis Mikrokontroller sebagai Upaya Peningkatan Minat Belajar Musik di SD Panca Budi Medan” dibuat dengan desain unik dan senar dari laser serta speaker sebagai *output* suaranya, sehingga ini dapat membuat daya tarik, rasa penasaran dan minat siswa untuk lebih mengenal alat musik harpa tersebut.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan proyek akhir ini dilakukan dalam beberapa tahapan. Kendala dan tantangan untuk menyelesaikan tahapan ini sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengontrol sensor LDR yang digunakan sebagai *input* dari harpa laser ini sehingga menghasilkan *output* suara yang berbeda-beda?
2. Bagaimana cara kerja keseluruhan dari harpa laser ini?
3. Bagaimana membuat program harpa laser menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560?

## 1.3. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan pembahasan semaksimal mungkin dan agar mudah dipahami serta menghindari pembahasan yang terlalu meluas maka pembahasan masalah sangat dibutuhkan.

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Laser digunakan sebagai sumber cahaya untuk diterima oleh sensor LDR.
2. Sensor yang digunakan adalah sensor cahaya LDR.
3. Mekanik harpa terbuat dari kayu.
4. Sentuhan cahaya laser hanya bisa dilakukan 1 kali pada satu waktu (tidak bisa menghalangi cahaya laser 2, 3 atau banyak sekaligus)
5. Tangga nada 2 oktaf.



#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menjadikan alat musik harpa lebih menarik dengan senar yang digantikan dengan cahaya laser.
2. Meningkatkan minat belajar musik untuk siswa SD Panca Budi Medan.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat umum penelitian ini adalah :

1. Diharapkan hasil penelitian harpa laser ini bisa dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya sehingga dapat dikembangkan lagi baik dari sisi mekanik maupun elektronnya.
2. Dengan bertambah minat musik siswa SD pancabudi medan diharapkan siswa dapat mengembangkan bakat bermusik tidak hanya dilingkungan sekolah melainkan dilingkungan masyarakat juga.

#### **1.6. Metode Penulisan**

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi Literatur

Mempelajari prinsip kerja alat musik harpa, sensor LDR dan Arduino Mega 2560 dari buku-buku dan situs-situs yang memberikan penjelasan dan pembahasan tentang yang berkaitan dengan judul skripsi ini.

## 2. Penjadwalan

Sebelum melakukan perancangan dan pembuatan harpa laser, terlebih dahulu membuat jadwal kegiatan yang akan dilakukan sehingga pekerjaan dapat berjalan teratur.

## 3. Desain

Perancangan harpa laser dibuat dengan menggunakan aplikasi solidwoks 3D.

## 4. Pembuatan sistem dari rancangan

Memilih komponen mekanik dan elektro yang sesuai untuk pembuatan harpa laser yang kemudian di rakit sesuai dengan desain yang telah dibuat.

## 5. Pengujian Alat

Melakukan pengujian *diinput* (sensor LDR) maupun *output* (nada-nada yang dihasilkan oleh speaker pada harpa laser).

## 6. Analisa Data

Setelah melakukan pengujian, maka hasil pengujian tersebut kemudian dianalisa untuk mengetahui fungsi dan cara kerja harpa laser.

## 7. Simpulan

Membuat simpulan dari hasil pengujian dan analisa data terhadap harpa laser.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan pemahaman terhadap Skripsi ini, maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

**1. BAB I : PENDAHULUAN**

Menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan metode penelitian, serta sistematika dari penelitian itu sendiri.

**2. BAB II : LANDASAN TEORI**

Merupakan sumber-sumber mendasar yang bersifat teoritis sebagai bahan referensi.

**3. BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Membahas mengenai perancangan sistem tiap blok dan keseluruhan sistem yang selanjutnya akan dianalisa.

**4. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Mengulas tentang pengujian dan analisa sistem.

**5. BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Menguraikan kesimpulan berikut saran dari pembuatan harpa laser ini.

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1. Sejarah Alat Musik Harpa

Harpa merupakan salah satu alat musik tertua di dunia. Dimana alat musik ini paling awal dikembangkan dari busur panah untuk berburu. Lukisan-lukisan dinding pada makam Mesir kuno yang dibuat pada tahun 3000 SM banyak yang menunjukkan gambar instrumen yang mirip dengan busur pemburu, tanpa tiang seperti yang kita temukan pada harpa modern.



Gambar 2. 1. Sejarah Harpa Laser  
*Sumber : Bz Editor, 2016*

Harpa yang dimainkan dengan posisi miring dan memiliki siku datang ke Mesir dari Asia sekitar tahun 1500 SM, alat musik ini dibuat dari kotak atau *box* berongga yang dipasangkan senar (*string*) lurus pada bagian sudutnya sehingga dapat menghasilkan suara ketika di petik. Pada saat itu, mungkin *string* yang digunakan

terbuat dari rambut atau serat tanaman yang diikatkan pada ujung-ujung *box* tersebut. *String* dapat diatur ketegangannya dengan cara memutar simpul yang telah dibuat sebelumnya.

Selama masa abad pertengahan, pilar atau tiang penyangga ditambahkan untuk meningkatkan ketegangan ekstra pada *string*. Bahan tali kaku seperti yang terbuat dari tembaga dan kuningan digunakan pada perubahan ini, sehingga memungkinkan instrumen memiliki hasil volume suara yang lebih tinggi serta nada yang dihasilkan menghasilkan efek *sustaining*. Lukisan-lukisan harpa juga banyak ditemukan pada naskah peninggalan bangsa Celtic kuno dan bentuk alat ini sama seperti yang digunakan pada saat ini.

Harpa pada awalnya tidak memiliki perangkat mekanis yang memberikan pemain kombinasi dalam bentuk kunci yang berbeda, *harpist* (pemain harpa) merasa perlu untuk mengatur nada *string* mereka dan diatur pada masing-masing bagian. Akhirnya, pada paruh kedua abad ke-17 deretan kait logam dipasangkan disepanjang sisi kiri harpa.

Penggambaran awal sebuah harpa menggunakan bingkai atau *frame* adalah di Inggris pada abad ke-8 peralihan zaman batu. Dimana musik adalah bagian penting dari kehidupan bangsa Irlandia kuno dan harpa adalah instrumen aristokrat, biasa dimainkan di pengadilan kerajaan. *Harpist* diminta untuk dapat membangkitkan tiga emosi yang berbeda ketika penonton mendengarkan musik yang mereka mainkan, yaitu : senang, sedih dan pengiring tidur. Sehingga kebiasaan ini membawa para bangsawan Irlandia pada saat itu dapat menyanyi dan membacakan puisi dengan di iringi oleh alunan musik harpa.



Beberapa saat sebelum tahun 1720, mekanisme pada penggunaan harpa diperluas yang dipenuhi untuk para *harpist* memenuhi kebutuhan mereka dalam memainkannya. Tujuh pedal ditambahkan pada bagian dasar harpa untuk meningkatkan *pitch*. Misalkan, jika harpa disetel dengan nada dasar C-flat (Cb), kemudian pemain dapat menaikkan nada dasar menjadi C standar dengan menginjak pedal tersebut.

Harpa pedal tunggal mencapai tingkat popularitas terbesarnya sepanjang sisa abad ke-18 seperti yang dimainkan di pengadilan Perancis oleh Marie Antoinette, mungkin merupakan seorang *harpist* yang paling terkenal dari instrumen ini. Harpa pada periode ini sangat megah dihias dengan ukiran relief, disepuh dengan emas sangat mewah dan dilukis dengan tangan. Selain menjadi sebuah alat musik, pastinya mereka dihargai sebuah objek seni yang sangat bernilai pada masanya.

Dimana kebutuhan alat musik terus berkembang hal inipun sangat dibutuhkan oleh harpa untuk mempertahankan popularitasnya agar dapat terus mengikuti perkembangan zaman. Sebagai dasarnya hanya terbatas pada delapan kunci utama dan lima kunci minor, hal ini telah menjadi sangat penting bagi harpa untuk dapat dimainkan di semua sektor kunci. Berdasarkan kebutuhan ini, Sebastian Erard berhasil memperoleh hak paten pada tahun 1810 untuk mendesain harpa dengan pedal ganda.

Erard mendesain ulang harpa pedal tunggal, dengan mengganti *crochets* (simpul *string*) dengan *disk* (cakram) bercabang. Hingga pada saat ini, masing-masing *string* dilengkapi dengan dua *disk*, yang mampu menghasilkan suara flat

(mol), standar, atau *sharp* (kres) sesuai dengan pedalnya masing-masing. Ini sangat memudahkan pemain dalam menentukan standar nada mereka.

Penemuan cerdas ini telah berhasil merevolusi harpa dan masih digunakan hingga saat ini. Alat musik harpa terus berkembang dan telah banyak memiliki perbaikan yang signifikan dalam pembuatannya selama dua abad terakhir. Pada akhir tahun 1800-an Lyon dan Healy, sebuah perusahaan yang berbasis di Chicago yang masih memproduksi harpa hingga saat ini, telah berhasil membuat harpa di Amerika dengan *frame* yang sangat kuat dan berbagai perbaikan penting untuk diterapkan pada mekanisme Erard, yaitu penerapan dua pedal.

Karena popularitas harpa yang semakin berkembang pada abad ke-20, banyak produsen harpa lainnya yang membuat inovasi tersendiri untuk memuaskan pelanggannya. Selain Lyon dan Healy di Amerika terdapat perusahaan pembuat harpa lainnya seperti Wurlitzer, Venus dan Swanson. Sedangkan di Eropa adalah Salvi, Camac, Horngacher, David dan Thurau. Serta Aoyama di Jepang.

Abad ke-21 memberikan nilai dan arti yang besar untuk alat musik harpa, alat musik ini banyak dimainkan pada berbagai event atau acara besar seperti festival, konferensi, acara pemerintahan yang mewah, komunitas masyarakat seni. Sehingga mendatangkan banyak kesempatan kepada para *harpist* dalam mengembangkan karirnya.

Dari abad pertengahan menuju modern, dari klasik ke jazz, dari akustik ke elektrik. Harpa merupakan alat musik penting dalam berbagai tradisi dan perubahan ini (Bz Editor, 2016).

## 2.2. Pengertian Alat Musik Harpa

Harpa biasanya diidentikkan dengan musik klasik. Unsur keklasikannya dapat terlihat dari segi desain. Bentuk melengkungnya terlihat begitu elegan ditambah dengan susunan string dan elemen logam berwarna emas pada pengait setiap *string*.

Harpa atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *harp* merupakan satu dari sekian banyak jenis alat musik petik. Meski harpa bukan termasuk alat musik baru, tidak terlalu banyak orang mengenalnya. Padahal alat musik ini sudah terkenal sejak dulu kala, bahkan sudah dikenal di berbagai kerajaan. Harpa tergolong instrumen kuno karena telah ada sejak awal tahun 2500 sebelum masehi. Karena mengalami perubahan dan terus dikembangkan, harpa telah menjadi instrumen utama dalam dunia musik *modern*.

Harpa sering kali hadir bersamaan dengan orkestra simfoni, bersamaan dengan suara vokal, suara *flute*, atau bisa juga dengan jazz bass dan drum. Namun, harpa alat musik yang besar dan sifatnya membosankan, karena itu tidak terlalu disukai banyak orang. Apalagi di zaman sekarang ini, musik telah beralih ke alat musik listrik atau elektrik. Walau begitu, dengan mengikuti perkembangan zaman, mulai bermunculanlah harpa elektrik

Pertanyaan yang dilemparkan secara acak pada setiap orang tentang harpa, kemungkinan besar mereka akan menjawab alat musik petik yang berukuran besar. Harpa dikenal dengan bentuknya yang tinggi, umumnya berwarna emas, dan memiliki senar. Biasanya berbentuk dasar segitiga. Tapi, harpa tidak selalu hadir dalam bentuk yang itu-itu saja. Harpa berbeda dalam ukuran dan jenis.



Gambar 2. 2. Alat Musik Harpa  
Sumber : <http://artculture567/harpa>, 2016

Alat musik ini telah berevolusi ke berbagai bentuk dalam empat milenium terakhir. Harpa memiliki berbagai jenis variasi bentuk, ukuran, dan berat. Namun kesemuanya itu, harpa tetap memiliki tiga bagian utama, yaitu papan suara (*ound board*), leher (*neck*), dan senar (*string*).

Alat musik petik satu ini memiliki ukuran dari dua kaki atau 60 sentimeter hingga enam kaki atau 180 sentimeter dari lantai. Jumlah senarnya pun bervariasi mulai dari 22 senar sampai 47 senar. Untuk harpa yang berukuran kecil suaranya terdengar lebih lembut. Biasanya jika Anda membeli harpa ukuran mini bisa dipangku sambil dimainkan. Sedangkan untuk yang berukuran besar dapat diletakkan di atas lantai. Harpa Ukuran 60 sentimeter dari lantai berkisar dari 10 sampai 16 juta. Ukuran kurang-lebih 1 meter dari lantai berkisar 30 hingga 35 juta rupiah. Adapun

yang lebih besar dengan harga 50 juta rupiah, dan di atasnya. Wajar bila pengagum dan pemain harpa harus rela merogoh koceknya lebih dalam untuk bias memainkannya.

Alat musik yang konon telah digunakan sejak zaman Mesir kuno ini terdiri dari banyak senar dan setiap senar menghasilkan satu nada. Sama seperti pada piano. Suara untuk melodinya juga hampir sama. Tetapi pada piano dapat secara bersamaan untuk menghasilkan gabungan dari nada. sedangkan harpa layaknya seperti gitar. Sebuah harpa dapat dimainkan baik dengan tangan, atau bisa juga dengan bantuan kaki, seperti yang ditemui pada pedal harp.

Harpa dapat dimainkan secara solo, atau bisa juga dalam bagian sebuah ansambel. Namun, terlepas dari keseluruhan itu, di mana dan bagaimana harpa dimainkan, harpa dapat menciptakan sebuah dentingan dan harmoni nada yang sangat indah. Itulah mengapa alat musik ini sering diilustrasikan bersama dengan para malaikat (Jurnal Musik, 2012).

### **2.3. Cahaya Merambat Lurus**

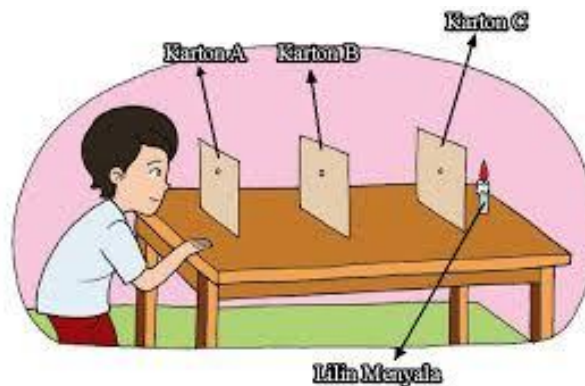
Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang bisa kita lihat. Cahaya dapat merambat tanpa memerlukan medium. Cahaya matahari bisa sampai ke bumi kita meskipun melewati ruang antar planet yang merupakan ruang hampa. Di ruang hampa, cahaya merambat dengan kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s atau 300.000 km/s.

Sifat cahaya yang merambat lurus dapat kita lihat ketika ada cahaya matahari yang masuk kedalam ruangan melewati jendela. Cahaya matahari yang melewati

jendela tersebut akan memperlihatkan berkas-berkas cahaya yang merambat lurus ke dalam ruangan.

Cahaya akan selalu merambat menurut garis lurus, kecuali jika cahaya tersebut mengenai sesuatu yang merubah arahnya. Sinar cahaya selalu berjalan lurus dari benda yang kita lihat dan menuju ke mata kita. Dalam kehidupan sehari-hari banyak bukti yang menunjukkan bahwa cahaya merambat lurus. Bukti-bukti tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Sinar matahari yang melalui celah sempit dan menembus ruangan gelap tampak seperti garis-garis putih yang lurus.
- b. Cahaya lampu mobil atau senter pada malam hari.
- c. Nyala lilin tidak tampak jika dilihat melalui pipa bengkok.
- d. Berkas cahaya dari proyektor film yang dipancarkan ke arah layar (Budi Prasodjo, dkk, 2010).



Gambar 2. 3. Cahaya Merambat Lurus  
Sumber : materisiana.com

## 2.4. Dioda Laser

Laser (singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya dalam bentuk cahaya yang tidak dapat dilihat maupun dapat dilihat dengan mata normal, melalui proses pancaran terstimulasi. Pancaran laser biasanya tunggal, memancarkan foton dalam pancaran koheren. Laser juga dapat dikatakan efek dari mekanika kuantum (Muslimah Susilayati, 2016).



Gambar 2. 4. Sinar Laser  
*Sumber : Muslimah Susilayati, 2016*

Sinar laser memiliki sifat yang istimewa, diantaranya: monokromatik, koheren dan sangat terarah. Monokromatik artinya hanya mengandung satu panjang gelombang, ditentukan oleh jumlah energi yang dilepaskan pada saat elektron jatuh ke tingkat orbit yang lebih rendah. Koheren artinya sinar laser terorganisasi, tiap-tiap foton penghasil sinar laser bergerak serempak secara teratur satu sama lain. Sinar



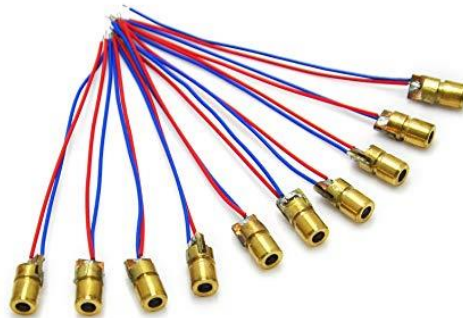
laser memiliki berkas yang sangat rapat, kuat dan terkonsentrasi sehingga memiliki manfaat dalam berbagai bidang.

Laser dilengkapi dengan sepasang cermin, masing-masing satu di ujung medium penguat yang mendukung emisi terstimulasi. Foton dengan panjang gelombang dan fase yang sangat spesifik memantul dari cermin-cermin tersebut untuk bergerak pulang balik melalui medium penguat. Dalam proses pulang balik ini, foton akan menstimulasi elektron-elektron lainnya untuk melakukan perpindahan energi ke tingkat yang lebih rendah dan dapat menyebabkan pemancaran lebih banyak foton yang memiliki panjang gelombang dan fase yang sama. Salah satu cermin pada ujung lain dari laser ini merupakan cermin setengah perak sehingga memantulkan sebagian sinar dan melewatkan sebagian sinar yang lain. Sinar yang dilewatkan ini merupakan sinar laser (Muslimah Susilayati, 2016).

Berdasarkan jenis penguat yang digunakan, terdapat jenis-jenis laser antara lain: laser zat padat, laser gas, laser *excimer*, laser warna dan laser semikonduktor. Laser semikonduktor, sering kali disebut *laser diode*, bukanlah laser zat padat. Alat elektronik ini umumnya sangat kecil dan mengkonsumsi daya yang rendah (Shahih, 2016). Pada tugas akhir ini penulis menggunakan *laser diode* sebagai sumber cahaya yang diterima oleh sensor.

Dioda laser (*laser diode*) merupakan salah satu jenis laser semikonduktor yang paling populer saat ini, dimana laser ini tidak lain adalah sebuah dioda dengan bias maju biasa. Laser ini juga disebut dengan laser injeksi, karena pemompaannya dilakukan dengan injeksi arus listrik melalui sambungan PN semikonduktornya. Semikonduktor tipe-p mengandung sejumlah besar *hole* yang

bermuatan positif dengan sedikit elektron sedang semikonduktor tipe-n mengandung banyak elektron dalam keadaan bebas dengan sedikit muatan positif. Proses laser semikonduktor ini mirip dengan kerja LED biasa. Pancaran fotonnya disebabkan oleh bergabungnya kembali elektron dan *hole* di daerah sambungan PN-nya. Bahan semikonduktor yang digunakan harus memiliki gap energi yang langsung, agar dapat melakukan radiasi foton tanpa melanggar hukum kekekalan momentum. Oleh sebab itu laser semikonduktor tidak pernah menggunakan bahan seperti *silicon* maupun *germanium* yang energi gapnya tidak langsung (Iyon Titok Sugiarto, 2013).



Gambar 2. 5. Dioda Laser

*Sumber : amazon.com*

Dibandingkan dengan LED, laser semikonduktor masih mempunyai dua syarat tambahan. Yang pertama, bahannya harus diberi doping banyak sekali sehingga tingkat energi ferminya melampaui tingkat energi pita konduksi di bagian N dan masuk ke bawah tingkat energi pita valensi di bagian P. Hal ini perlu agar keadaan *inversi* populasi di daerah sambungan PN dapat dicapai. Yang kedua adalah

rapat arus listrik maju yang digunakan haruslah besar, begitu besar sehingga melampaui nilai ambangnya. Rapat arus ini luar biasa besar, sehingga dioda laser harus ditaruh di dalam kristal supaya suhunya tetap rendah (77K), jika tidak arus yang besar ini akan merusak daerah sambungan PN dan dioda berhenti menghasilkan laser. Pada dioda laser terdapat penambahan konstruksi LED berupa umpan balik (*optical feedback*), dimana di dalam dioda laser terdapat rongga optik (*optical cavity*) sepanjang material semikonduktor dan pada rongga optik ini terdapat reflektor cahaya. Reflektor cahaya ini akan memantulkan cahaya dalam dioda laser secara terus-menerus selama arus listrik mengalir dalam laser. Karena diperlukannya energi umpan balik dalam proses laser, maka salah satu efek yang sangat mendasar dari proses dioda laser adalah adanya arus ambang (*threshold current*) yang harus terpenuhi sehingga penguatan optik dapat terjadi. Arus ambang ini merupakan arus yang membatasi dua keadaan karakteristik pancaran dioda laser, yaitu antara keadaan pancaran spontan dan emisi terangsang. Dalam keadaan di atas arus ambangnya, dioda laser akan memancarkan cahaya dalam bentuk pancaran terangsang (*stimulated emission*). Pada saat dalam kondisi ini, daya keluaran meningkat secara linier terhadap arus yang diinjeksikan. Spektrum cahaya dioda laser yang berupa emisi terstimulasi terjadi pada saat arus injeksi yang mengalir dalam laser berada di atas arus ambangnya (*threshold current*). Besarnya arus ambang suatu dioda laser dapat dipengaruhi oleh temperatur sambungan dioda laser. Besar kecilnya pengaruh temperatur terhadap arus ambang ini dapat dituliskan.

$$I_{th}(T) = I_0 \exp \frac{T}{T_0} \quad (2.1)$$

Dengan  $I_{th}$  adalah arus ambang,  $I_0$  adalah arus awal,  $T_0$  suhu awal dan  $T$  adalah suhu akhir. Pergeseran arus ambang ini berdampak pada performa spektrum cahaya laser yang dihasilkan, dimana terjadi pergeseran panjang gelombang cahaya untuk daya yang sama (Iyon Titok Sugiarto, 2013).

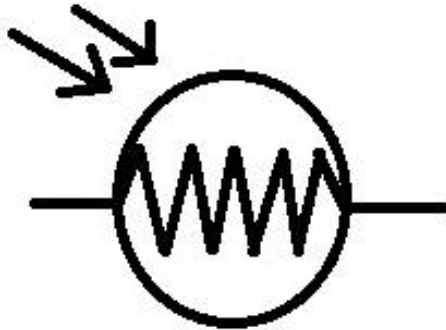
Pada Tugas Akhir ini laser yang digunakan adalah jenis dioda laser dengan tegangan *input* 5 Volt, arus *input* 40 mA, dapat bekerja pada suhu -35 sampai 65°C.

## 2.5. Sensor Cahaya LDR

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya (elektronikadasar.com, 2012).

Menurut M Izzatika, *Light Dependent Resistor* (LDR) ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. (M Izzatika, 2015)

Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti senyawa kimia *cadmium sulfide*. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti gambar berikut:



Gambar 2. 6. Simbol LDR  
*Sumber : M Izzatika, 2015*

LDR digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Saklar cahaya otomatis dan alarm pencuri adalah beberapa contoh alat yang menggunakan LDR. Akan tetapi karena responnya terhadap cahaya cukup lambat, LDR tidak digunakan pada situasi di mana intensitas cahaya berubah secara drastis. Sensor ini akan berubah nilai hambatannya apabila ada perubahan tingkat kecerahan cahaya. Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju *Recovery* dan Respon Spektral.

Bila sebuah Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR) dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka bisa kita amati bahwa nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju *recovery* merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik.

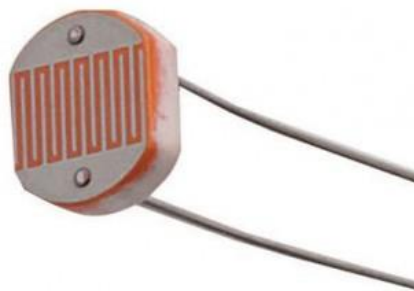
Untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik (selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

Sensor cahaya LDR tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak, digunakan karena mempunyai daya hantar yang baik.

Prinsip kerja sebuah LDR adalah pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup, LDR menjadi konduktor yang buruk atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup.

Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang, LDR menjadi konduktor yang baik atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi kecil pada saat cahaya terang. (M Izzatika, 2015)

Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar  $10\text{ M}\Omega$ , dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi sekitar  $150\ \Omega$ . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti pada Gambar berikut.



Gambar 2. 7. LDR (Light Dependent Resistor)  
*Sumber : microohmelectronics.com*

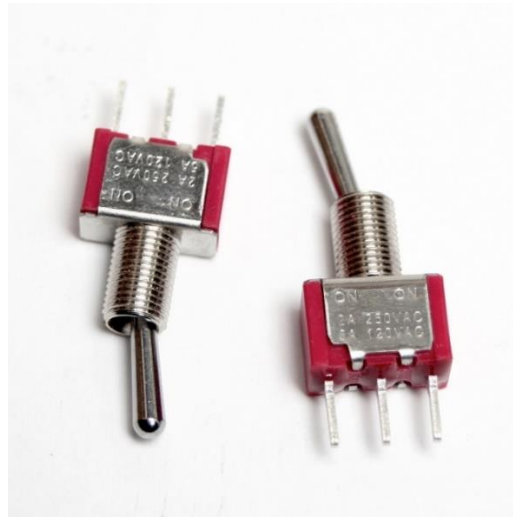
Resistansi Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar  $10\text{M}\Omega$  dan dalam keadaan terang sebesar  $1\text{K}\Omega$  atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti



kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan (elektronikadasar.com).

## 2.6. Switch

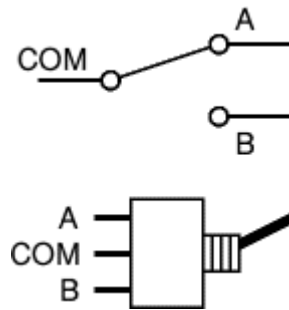
*Switch*/saklar adalah komponen elektikal yang berfungsi untuk memberikan sinyal atau untuk memutuskan atau menyambungkan suatu sistem kontrol. *Switch* berupa komponen kontaktor mekanik yang digerakan karena suatu kondisi tertentu. *Switch* merupakan komponen yang mendasar dalam sebuah rangkaian listrik maupun rangkaian kontrol sistem. Komponen ini sederhana namun memiliki fungsi yang paling vital di antara komponen listrik yang lain. Jadi *switch*/saklar pada dasarnya adalah suatu alat yang dapat atau berfungsi menghubungkan atau memutuskan aliran listrik (arus listrik) baik itu pada jaringan arus listrik kuat maupun pada jaringan arus listrik lemah. Yang memebedakan saklar arus listrik kuat dan saklar arus listrik lemah adalah bentuknya kecil jika dipakai untuk peralatan elektronika arus lemah, demikian pula sebaliknya semakin besar saklar yang digunakan jika aliran arus listrik semakin besar (TP Handayani, 2015). Pada tugas akhir ini penulis menggunakan jenis *switch*/saklar *toggle* SPDT.



Gambar 2. 8. *Toggle Switch*  
 Sumber : *taydaelectronics.com*

Saklar *toggle* adalah bentuk saklar yang paling sederhana, dioperasikan oleh sebuah tuas *toggle* yang dapat ditekan ke atas atau ke bawah. Menurut konvensinya, posisi ke bawah mengindikasikan keadaan ‘hidup’, atau ‘menutup’ atau ‘disambungkan’. Saklar *toggle* yang diperlihatkan di dalam foto memiliki tuas dengan posisi ke atas. Di belakang tuas terdapat sebuah alur sekrup (*dolly*) yang dilengkapi dengan sebuah mur besar. Alur dan mur ini digunakan untuk memasang saklar disebuah panel. Di bagian belakang saklar terdapat dua buah cantolan terminal, tempat dimana kawat-kawat listrik disambung dan disolder. Saklar beban besar (*heavy duty*), memiliki kemampuan untuk menyambungkan arus hingga sebesar 10 A AC. Saklar-saklar *toggle* beban-besar seringkali digunakan untuk mensaklarkan pasokan listrik dari sumber PLN ke berbagai peralatan dan perangkat listrik. Akan tetapi, saklar-saklar jenis ini juga dapat digunakan untuk menyambungkan arus listrik yang lebih kecil. Saklar *toggle* berukuran kecil (miniatur) cocok untuk digunakan pada sebuah panel kontrol. Saklar-saklar *toggle*

yang lebih besar memiliki dua buah *tag* terminal, yang mengindikasikan bahwa saklar ini memiliki kontak-kontak jenis *single-pole, single-throw* (satu- kutub, satu arah - SPST). Simbol untuk saklar-saklar ini memperlihatkan bagaimana cara kerjanya. Saklar hanya menyambungkan sebuah rangkaian listrik tunggal dan berada dalam keadaan menutup atau membuka (TP Handayani, 2015).



Gambar 2. 9. Simbol *Switch* SPDT  
 Sumber : [electronicsclub.info/switches.htm](http://electronicsclub.info/switches.htm)

## 2.7. Bunyi

Bunyi merupakan gelombang mekanik jenis *longitudinal* yang merambat dan sumbernya berupa benda yang bergetar. Bunyi bisa didengar sebab getaran benda sebagai sumber bunyi menggetarkan udara di sekitar dan melalui medium udara bunyi merambat sampai ke gendang telinga, sebenarnya merupakan variasi tekanan udara secara periodik di sepanjang lintasan perambatannya. Tekanan udara periodik inilah yang menggetarkan selaput gendang telinga. Bunyi yang dapat didengar manusia berada pada kawasan frekuensi pendengaran, yaitu antara 20 Hz sampai dengan 20 kHz . Bunyi bisa didengar sebab getaran benda sebagai sumber bunyi menggetarkan udara di sekitar dan melalui medium udara bunyi merambat sampai ke gendang telinga, sebenarnya merupakan variasi tekanan udara secara periodik di

sepanjang lintasan perambatannya. Tekanan udara periodik inilah yang menggetarkan selaput gendang telinga. (Abdul Yasid, Yushardi, Rif'ati Dina Handayani, 2016)

Bunyi atau suara adalah suatu pemampatan secara mekanis atau gelombang *longitudinal* yang merambat melalui *medium*. *Medium* atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu, atau udara. Suara atau bunyi secara teoritis dapat dijelaskan dengan kecepatan getar atau frekuensi yang diukur dalam satuan getaran *Hertz* (Hz) dan *amplitudo* atau kenyaringan bunyi dengan pengukuran dalam satuan tekanan suara desibel (dB).

Manusia mendengar bunyi saat gelombang bunyi, yaitu getaran di udara atau medium lain, sampai ke gendang telinga manusia. Batas frekuensi yang dapat didengar telinga manusia berkisar antara 20 Hz sampai 20 kHz. Suara di atas 20 kHz disebut *ultrasonik* dan di bawah 20 Hz disebut *infrasonik*. Bunyi merambat di udara dengan kecepatan 1.224 km/jam. Bunyi merambat lebih lambat jika suhu dan tekanan udara lebih rendah. Di udara tipis dan dingin pada ketinggian lebih dari 11 km, kecepatan bunyi 1.000 km/jam. Di air kecepatannya 5.400 km/jam, jauh lebih cepat dari pada di udara.

Nada adalah bunyi yang beraturan, yaitu memiliki frekuensi tunggal tertentu. Dalam teori musik, setiap nada memiliki tinggi nada atau tala tertentu menurut frekuensinya ataupun menurut jarak relatif tinggi nada tersebut terhadap tinggi nada patokan. Nada dasar suatu karya musik menentukan frekuensi tiap nada dalam karya tersebut. Nada dapat diatur dalam tangga nada yang berbeda-beda (Bonnie, 2015). Berikut merupakan tabel dari frekuensi nada dapat dilihat dari tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Frekuensi nada

Note	Frequency (Hz)		
	Minimum	Ideal	Maximum
C3	260.12	261.63	263.14
C#3	275.59	277.18	278.79
D3	291.97	293.66	295.37
D#3	309.34	311.13	312.93
E3	327.73	329.63	331.54
F3	347.22	349.23	351.25
F#3	367.86	369.99	372.14
G3	389.74	392.00	394.27
G#3	412.91	415.30	417.71
A4	437.47	440.00	442.55
A#4	463.48	466.16	468.86
B4	491.04	493.88	496.74
C4	520.24	523.25	526.28
C#4	551.17	554.37	557.58
D4	583.95	587.33	590.73
D#4	618.67	622.25	625.86
E4	655.46	659.26	663.07
F4	694.43	698.46	702.50
F#4	735.73	739.99	744.28
G4	779.48	783.99	788.53
G#4	825.83	830.61	835.42
A5	874.93	880.00	885.10
A#5	926.96	932.33	937.73
B5	982.08	987.77	993.49
C5	1040.47	1046.50	1052.56

Sumber : *thepaleotechnologist.net*

## 2.8. Amplifier

*Power amplifier* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan penguat daya adalah sebuah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk memperkuat atau memperbesar sinyal masukan. (teknikelektronika/poweramplifier, 2019)

Penguat (*amplifier*) adalah rangkaian komponen elektronika yang dipakai untuk menguatkan daya. Dalam bidang *audio*, *amplifier* akan menguatkan *signal* suara berbentuk analog dari sumber suara yaitu memperkuat signal arus dan tegangan listrik berbentuk sinyal dari *inputnya* menjadi arus listrik dan tegangan yang lebih besar,

juga dayanya akan menjadi lebih besar di bagian *output*nya. Besarnya penguatan ini sering dikenal dengan istilah *gain*. Nilai dari *gain* yang dinyatakan sebagai fungsi penguat frekuensi audio, *gain power amplifier* antara 20 kali sampai 100 kali dari signal *input* (Bonnie, 2015).

Di dalam bidang *audio*, *power amplifier* akan menguatkan sinyal suara yang berbentuk *analog* dari sumber suara (*input*) menjadi sinyal suara yang lebih besar (*output*). Sumber sinyal suara yang dimaksud tersebut dapat berasal dari alat-alat *tranduser* seperti *mikrofon* yang dapat mengkonversikan energi suara menjadi sinyal listrik ataupun *optical pickup CD* yang mengkonversikan getaran mekanik menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik yang berbentuk sinyal AC tersebut kemudian diperkuat arus (I) dan tegangannya (V) sehingga menjadi *output* yang lebih besar. Besaran penguatannya ini sering disebut dengan istilah *gain*.

*Gain* yang biasanya dilambangkan dengan G dengan satuan *decibel* (dB) ini merupakan hasil bagi dari daya di bagian *output* ( $P_{out}$ ) dengan daya di bagian *input*nya ( $P_{in}$ ) dalam bentuk-bentuk frekuensi listrik AC. Bentuk Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$G = 10\log (P_{out}/P_{in}) \quad (2.2)$$

Dimana :

$G = \textit{Gain}$  dalam satuan dB

$P_{out} = \textit{Power}$  atau daya pada bagian *output*

$P_{in} = \textit{Power}$  atau daya pada bagian *input*

Sinyal listrik yang dihasilkan oleh *tranduser input* umumnya sangat kecil yaitu sekitar beberapa *milivolt* atau bahkan hanya beberapa *microvolt*. Oleh karena

itu, sinyal listrik tersebut harus diperkuat agar dapat menggerakkan atau mengoperasikan perangkat *transducer output* seperti *speaker* (atau perangkat-perangkat *output* lainnya). Pada penguat sinyal kecil (*small signal amplifier*), faktor utama adalah penguatan linearitas dan memperbesar *gain*. Karena tegangan sinyal dan arus yang kecil, jumlah kapasitas penanganan efisiensi daya menjadi penting untuk diperhatikan.

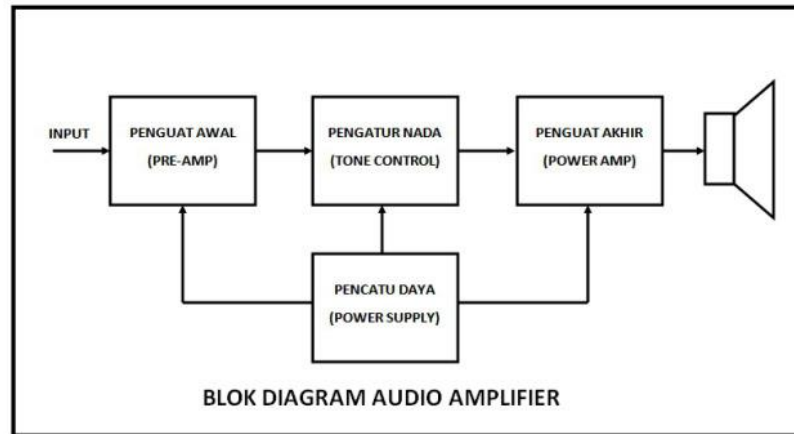
Sedangkan penguat daya (*power amplifier*) atau penguat sinyal besar adalah jenis penguat yang memberikan daya yang cukup untuk dapat menggerakkan *speaker* atau perangkat listrik lainnya. Umumnya, daya yang dihasilkan adalah beberapa *watt* hingga puluhan *watt* dan bahkan hingga ratusan *watt*.

Selain faktor penguatan yang disebut dengan *gain* ini, suatu istilah yang sering kita temukan pada *power amplifier* adalah tingkat fidelitas (*fidelity*). Sebuah *amplifier* atau penguat daya dikatakan memiliki fidelitas tinggi (*high fidelity*) apabila menghasilkan sinyal keluaran (*output*) yang bentuknya persis sama dengan sinyal masukan (*input*). Perbedaannya hanya pada tingkat penguatan pada amplitudo atau tegangannya saja. Jadi dengan kata lain, yang dimaksud dengan fidelitas adalah kemiripan bentuk keluaran hasil replika terhadap sinyal masukan.

Ada satu lagi faktor penting dalam penguat daya yang harus diperhatikan, yaitu faktor efisiensi. Yang dimaksud dengan efisiensi pada penguat daya adalah efisiensi daya dari sebuah penguat yang dinyatakan dengan besaran *rasio* atau persentasi dari *output* daya dengan *input* daya. Sebuah *power amplifier* atau penguat daya dikatakan memiliki efisiensi tinggi atau 100% efisiensinya apabila tidak terjadi kehilangan daya pada proses penguatannya. (teknikelektronika/poweramplifier, 2019)



Berikut merupakan *flow chart audio amplifier* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10. Flow Chart audio *amplifier*  
Sumber : Bonnie, 2015

Bagian-bagian *Audio Amplifier* :

### 1. *Input* Sinyal

*Input* sinyal dapat berasal dari beberapa sumber, antara lain dari CD/DVD Player, Tape, Radio AM/FM, *Microphone*, MP3 *Player*, Ipod. Masing-masing sumber sinyal tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Bagian *Input* sinyal harus mampu mengadaptasi sinyal sinyal tersebut sehingga sama pada saat dimasukkan ke penguat awal/ penguat depan (*pre-amp*).

### 2. Penguat Awal/Penguat Depan (*Pre-amp*)

Penguat depan berfungsi sebagai penyangga dan penyesuai level dari masing-masing sinyal *input* sebelum dimasukkan ke pengatur nada. Hal ini bertujuan agar saat proses pengaturan nada tidak terjadi kesalahan karena pembebanan/*loading*. Penguat depan harus mempunyai karakteristik penyangga/*buffer*.

### 3. Pengatur Nada (*Tone Control*)

Pengatur nada bertujuan menyamakan (*equalizer*) suara yang dihasilkan pada *speaker* agar sesuai dengan aslinya (*Hi-Fi*). Pengatur nada minimal mempunyai pengaturan untuk nada rendah dan nada tinggi. Selain itu ada juga jenis pengatur nada yang mempunyai banyak kanal pengaturan pada frekuensi tertentu yang biasa disebut dengan Rangkaian *Equalizer*. Prinsip dasar pengaturan nada diperoleh dengan mengatur nilai R/C *resonator* pada rangkaian *filter*.

### 4. Penguat Akhir (*Power Amplifier*)

Penguat Akhir adalah rangkaian penguat daya yang bertujuan memperkuat sinyal dari pengatur nada agar bisa menggetarkan membran *speaker*. Penguat akhir biasanya menggunakan konfigurasi penguat kelas B atau kelas AB. Syarat utama sebuah penguat akhir adalah impedansi *output* yang rendah antara 4-16 ohm dan efisiensi yang tinggi.

Karena kerja dari penguat akhir sangat berat maka biasanya akan timbul panas dan dibutuhkan sebuah plat pendingin untuk mencegah kerusakan komponen transistor penguat akhir karena terlalu panas.

### 5. *Speaker*

*Speaker* berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Semakin besar daya sebuah *speaker* biasanya semakin besar pula bentuk fisiknya. Secara umum *speaker* terbagi menjadi tiga, yaitu *Woofers* (*bass*), *Squakers* (*middle*), dan *tweeter* (*high*). Impedansi *speaker* antara 4 ohm, 8 ohm dan 16 ohm.

Saat ini ada juga *speaker* yang disebut dengan *subwoofer*, yaitu *speaker* yang mampu mereproduksi sinyal *audio* dengan frekuensi yang sangat rendah dibawah woofer.

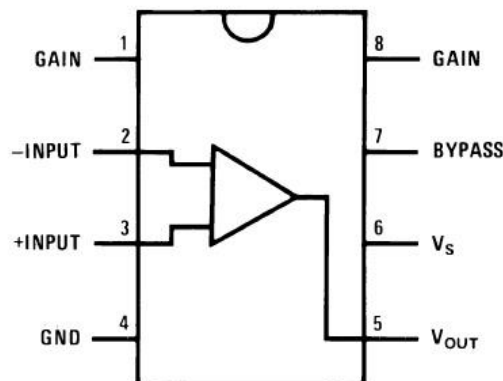
## 6. Power Supply

*Power Supply* merupakan rangkaian pencatu daya untuk semua rangkaian. Secara umum *power supply* mengeluarkan dua jenis *output*, yaitu *output* teregulasi dan tidak teregulasi. *Output* teregulasi dipakai untuk rangkaian pengatur nada dan penguat awal, sementara rangkaian *power supply* tidak teregulasi dipakai untuk rangkaian *power amplifier* (Bonnie, 2015).

### 2.9. IC LM 386

LM 386 adalah IC 8 *pin dual in line* yang berfungsi sebagai penguat audio yang ringan. Biasanya diterapkan pada proyek-proyek yang membutuhkan penguat audio kecil yang kompak dengan keluaran *speaker* 8 ohm. IC yang dipasaran dengan harga yang relatif murah ini ouputnya berkisar antara 200 mW s/d kira-kira 1 Watt.

Berikut merupakan datasheet dari IC LM386 dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11. Datasheet LM 386  
Sumber : Bonnie, 2015

## 2.10. Speaker

*Speaker* adalah perangkat elektronika yang terbuat dari logam dan memiliki membran, kumparan, serta magnet sebagai bagian yang saling melengkapi. Tanpa adanya membran, sebuah *speaker* tidak akan mengeluarkan bunyi, demikian juga sebaliknya. Fungsi tiap bagian pada *speaker* saling terkait satu sama lain.

*Speaker* juga merupakan sebuah transduser *elektroacoustical* yang mengubah sinyal listrik ke suara. Istilah *loudspeaker* dapat dijadikan acuan sebagai transduser individual (diketahui sebagai pengarah) atau sistem lengkap yang terdiri dari suatu *enclosure* yang melengkapi satu atau lebih pengarah dan komponen *filter* listrik. *Loudspeaker* sama halnya dengan transduser *electroacoustical*, merupakan elemen variabel; dalam sistem *audio* dan paling bertanggung jawab membedakan suara yang dapat didengar antar *sound system*. *Speaker* adalah mesin pengubah terakhir atau kebalikan dari mikropon. *Speaker* membawa sinyal elektrik dan mengubahnya kembali menjadi vibrasi-vibrasi fisik untuk menghasilkan gelombang-gelombang suara. Bila bekerja, *speaker* menghasilkan getaran-getaran yang sama dengan mikropon yang direkam secara orisinal dan diubah ke sebuah pita, CD, LP, dan sebagainya. (S Anggie Intan, 2016).

*Loudspeaker* atau lebih sering disingkat dengan *speaker* adalah transduser yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi frekuensi *audio* (sinyal suara) yang dapat didengar oleh telinga manusia dengan cara mengetarkan komponen membran pada *speaker* tersebut sehingga terjadilah gelombang suara.



Gambar 2. 12. *Speaker*

*Sumber : [teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker](http://teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker)*

*Speaker* terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *cone*, *suspension*, magnet permanen, *voice coil* dan juga Kerangka *Speaker*. Dalam rangka menterjemahkan sinyal listrik menjadi suara yang dapat didengar, *speaker* memiliki komponen elektromagnetik yang terdiri dari kumparan yang disebut dengan *voice coil* untuk membangkitkan medan magnet dan berinteraksi dengan magnet permanen sehingga menggerakkan *cone speaker* maju dan mundur. *Voice coil* adalah bagian yang bergerak sedangkan magnet permanen adalah bagian *speaker* yang tetap pada posisinya. Sinyal listrik yang melewati *voice coil* akan menyebabkan arah medan magnet berubah secara cepat sehingga terjadi gerakan “tarik” dan “tolak” dengan magnet permanen. Dengan demikian, terjadilah getaran yang maju dan mundur pada *cone speaker*. *Cone* adalah komponen utama *speaker* yang bergerak. Pada prinsipnya, semakin besarnya *cone* semakin besar pula permukaan yang dapat menggerakkan udara sehingga suara yang dihasilkan *speaker* juga akan semakin besar. *Suspension* yang terdapat dalam *speaker* berfungsi untuk menarik *cone* ke posisi semula setelah bergerak maju dan mundur. *Suspension* juga berfungsi sebagai pemegang *cone* dan *voice coil*. Kekakuan

(*rigidity*), komposisi dan desain *suspension* sangat mempengaruhi kualitas suara *speaker* itu sendiri (teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker)



Gambar 2. 13. Speaker  
Sumber : S Anggie Intan, 2016

Jenis-Jenis *speaker* dilihat berdasarkan frekuensi :

1. Sub woofer

Merupakan jenis *speaker* yang mampu menghasilkan frekuensi suara 20Hz - 200Hz, Sehingga kita dapat mendengarkan nada rendah atau *full bass*. Biasanya *sub woofer* dipasang pada *speaker* aktif komputer, *speaker* mobil, *speaker* aktif ruangan dan sebagainya. Untuk pemasangannya tentu membutuhkan box terpisah dengan *speaker* lainnya. Karena getaran yang dihasilkan cukup tinggi, makanya dibuatkan *box* tersendiri.

## 2. Woofer

Merupakan jenis *Speaker* yang dapat menghasilkan frekuensi rendah yaitu sekitar 40Hz - 1000Hz. Maka suara yang dihasilkan juga akan ngebass. Jenis ini banyak sekali kita temukan di hampir semua jenis *speaker* aktif ruangan. Jenis ini banyak sekali dijual ditoko-toko elektronik. Disamping itu *speaker* ini memiliki ukuran yang bermacam-macam, misalnya 4 Inch, 6 Inc, 8 Inc, 10 Inc, 12 Inc dan sebagainya. Untuk hasil suara yang bagus tentu harus dipasang pada *box* dan biasanya digabung dengan *midrange* dan *tweeter*.

## 3. Midrange

Jenis *speaker* ini mampu menghasilkan frekuensi menengah sekitar 500Hz - 5000Hz. Oleh sebab itu suara yang dihasilkan terdengar jelas seperti suara kita. Biasanya jenis ini banyak kita temukan pada *speaker* aktif 3 way.

## 4. Tweeter

*Tweeter* yaitu jenis *speaker* yang menghasilkan frekuensi sekitar 5000Hz-20.000Hz. Sehingga suara yang dihasilkan akan sedikit melengking.

## 5. Full range

*Full range* merupakan jenis *speaker* yang mampu menghasilkan nada rendah, menengah maupun tinggi. Oleh sebab itu jenis ini sering digunakan untuk *speaker sound system* atau luar ruangan. Karena suara yang dihasilkan dapat terdengar dikejauhan. ( S Anggie Intan, 2016). Pada tugas akhir ini penulis menggunakan jenis *mini speaker* untuk laptop sebanyak 3 buah *speaker* dengan spesifikasi *speaker* yaitu 3 ohm 4 watt.



### 2.11. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu *chip* yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik. Secara harfiah bisa disebut “pengendali kecil”. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan *Read-Only Memory* (ROM) yaitu media penyimpanan data, *Read-Write Memory* (RAM) yaitu memori yang berfungsi untuk membaca dan menuliskan data, beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, *Analog to Digital converter* (ADC), *Digital To Analog Converter* (DAC) dan serial komunikasi. (M Izzatika, 2015).

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai salah satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Kadangkala pada mikrokontroler ini beberapa *chip* digabungkan dalam satu papan rangkaian. Perangkat ini sangat ideal untuk mengerjakan sesuatu yang bersifat khusus, sehingga aplikasi yang diisikan ke dalam komputer ini adalah aplikasi yang bersifat *dedicated*. Jika dilihat dari harga, mikrokontroler ini harga umumnya lebih murah dibandingkan dengan komputer lainnya, karena perangkatnya relatif sederhana.

Mikrokontroler telah banyak digunakan di industri, walaupun penggunaannya masih kurang dibandingkan dengan penggunaan *Programable Logic Control* (PLC), tetapi mikrokontroler memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan PLC. Ukuran mikrokontroler lebih kecil dibandingkan dengan suatu modul PLC sehingga peletakannya dapat lebih *flexible*.

Mikrokontroler telah banyak digunakan pada berbagai macam peralatan rumah tangga seperti mesin cuci. Sebagai pengendali sederhana, mikrokontroler telah banyak digunakan dalam dunia medik, pengaturan lalu lintas, dan masih banyak lagi. Contoh alat ini diantaranya adalah komputer yang digunakan pada mobil untuk mengatur kestabilan mesin, alat untuk pengatur lampu lalu lintas.

Secara teknis hanya ada 2 mikrokontroler yaitu RISC dan CISC, dan masing-masing mempunyai keturunan/keluarga sendiri-sendiri. RISC kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer* : instruksi terbatas tapi memiliki fasilitas yang lebih banyak CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer* : instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. Tentang jenisnya banyak sekali ada keluarga Motorola dengan seri 68xx, keluarga MCS51 yang diproduksi Atmel, Philip, Dallas, keluarga PIC dari *Microchip*, *Renesas*, *Zilog*. Masing-masing keluarga juga masih terbagi lagi dalam beberapa tipe. Jadi sulit sekali untuk menghitung jumlah mikrokontroler. Mikrokontroler mempunyai ruang alamat tersendiri yang disebut memori. Memori dalam mikrokontroler terdiri atas memori program dan memori data dimana keduanya terpisah, yang memungkinkan pengaksesan data memori dan pengalamatan 8 bit, sehingga dapat langsung disimpan dan dimanipulasi oleh mikrokontroler dengan kapasitas akses 8 bit. Program memori tersebut bersifat hanya dapat dibaca (ROM/EPROM). Sedangkan untuk data memori kita dapat menggunakan memori eksternal (RAM). ( S Anggie Intan, 2016)

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal *input* mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada

aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu *chip*, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte.

Meskipun kecepatan pengolahan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan komputer personal, namun kemampuan mikrokontroler sudah cukup untuk dapat digunakan pada banyak aplikasi terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler sering digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak memerlukan kemampuan komputasi yang tinggi.

Sistem yang menggunakan mikrokontroler sering disebut sebagai *embedded system* atau *dedicated system*. *Embedded system* adalah sistem pengendali yang tertanam pada suatu produk, sedangkan *dedicated system* adalah sistem pengendali yang dimaksudkan hanya untuk suatu fungsi tertentu. Sebagai contoh, *printer* adalah suatu *embedded system* karena di dalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pengendali dan juga *dedicated system* karena fungsi pengendali tersebut berfungsi hanya untuk menerima data dan mencetaknya. Hal ini berbeda dengan suatu PC yang

dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, sehingga mikroprosesor pada PC sering disebut sebagai *general purpose microprocessor* (mikroprosesor serba guna).

Pada PC berbagai macam *software* yang disimpan pada media penyimpanan dapat dijalankan, tidak seperti mikrokontroler hanya terdapat satu *software* aplikasi. Penggunaan mikrokontroler antara lain terdapat pada bidang-bidang berikut ini:

1. Otomotif : *Engine Control Unit, Air Bag, fuel control, Antilock Braking System*, sistem pengaman alarm, transmisi otomatis, hiburan, pengkondisi udara, *speedometer* dan *odometer, navigasi, suspensi* aktif.
2. Perlengkapan rumah tangga dan perkantoran : sistem pengaman alarm, *remote control*, mesin cuci, *microwave*, pengkondisi udara, timbangan digital, mesin foto kopi, *printer, mouse*.
3. Pengendali peralatan di industri.
4. Robotika.

Saat ini mikrokontroler 8 *bit* masih menjadi jenis mikrokontroler yang paling populer dan paling banyak digunakan. Maksud dari mikrokontroler 8 *bit* adalah data yang dapat diproses dalam satu waktu adalah 8 *bit*, jika data yang diproses lebih besar dari 8 *bit* maka akan dibagi menjadi beberapa bagian data yang masing-masing terdiri dari 8 *bit*. Masing-masing mikrokontroler mempunyai cara dan bahasa pemrograman yang berbeda, sehingga program untuk suatu jenis mikrokontroler tidak dapat dijalankan pada jenis mikrokontroler lain. Untuk memilih jenis mikrokontroler yang cocok dengan aplikasi yang dibuat terdapat tiga kriteria yaitu:

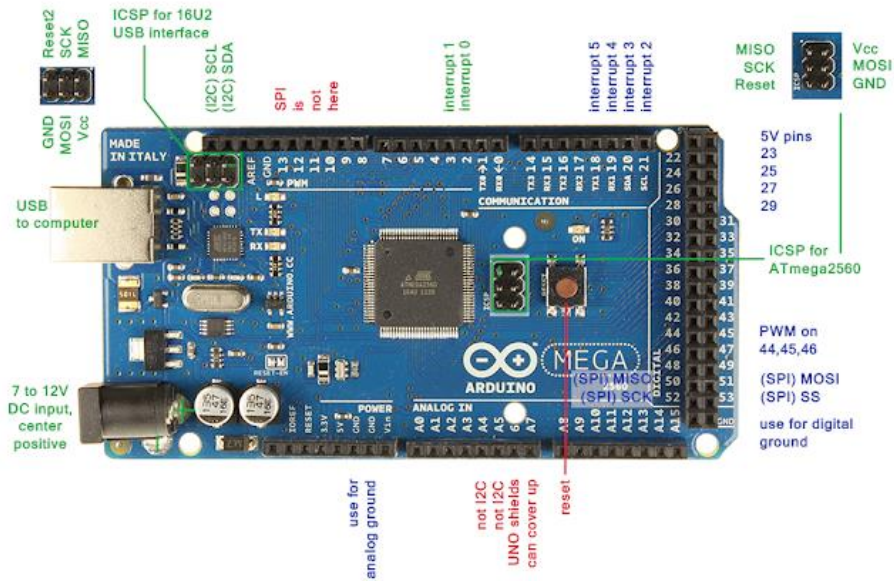
1. Dapat memenuhi kebutuhan secara efektif dan efisien. Hal ini menyangkut kecepatan, kemasan/*packaging*, konsumsi daya, jumlah RAM dan ROM, jumlah I/O dan *timer*, harga *per unit*.
2. Bahasa pemrograman yang tersedia.
3. Kemudahan dalam mendapatkannya. (Sri Wahyuni 2015)

### **2.12. Arduino Mega 2560**

Arduino adalah *board* berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses *input*, dan *output* sebuah rangkaian elektronik. (A Wijaya, 2017)

Pada Gambar 2.14 merupakan jenis *Arduino Mega type 2560*, *Arduino Mega 2560* adalah papan pengembangan mikrokontroller yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah *PWM*), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). *Arduino Mega 2560* dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, *power jack* DC, *ICSP header*, dan

tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler.



Gambar 2. 14. Arduino Mega  
Sumber : lab elektronika

### 2.12.1. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Adapun spesifikasi arduino mega 2560 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 2. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Keterangan	Spesifikasi
Chip mikrokontroler	Atmega 2560
Tegangan Operasi	5V
Tegangan <i>Input</i> (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V-12V
Tegangan <i>Input</i> (limit, via jack DC)	6V – 20V
Digital I/O pin	54 buah, diantaranya menyediakan PWM
Analog <i>Input</i> pin	16 buah

Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 gram

Sumber : A Wijaya, 2017

### 2.12.2. Catu Daya

*Arduino Mega* dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan Catu daya Eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (*nonUSB*) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1 mm ke dalam *board* penghubung listrik. *Lead* dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin GND dan Vin dari konektor Power.

*Bord* dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6-20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 Volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan bias panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7-12 Volt. Pin catu daya adalah sebagai berikut :

1. VIN. Tegangan *input* ke papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya diatur

lainnya). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.

2. 5V. Catu daya yang diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lain di papan tulis. Hal ini dapat datang baik dari VIN melalui *regulator on-board*, atau disediakan oleh USB atau suplai 5V diatur lain.
3. 3V3. Sebuah pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh *regulator on-board*. menarik arus maksimum adalah 50 mA.
4. GND. Ground pins (A Wijaya,2017).

### **2.12.3. Memory**

ATmega2560 memiliki 256 KB dari memori flash untuk menyimpan kode (8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB dari SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM) (A Wijaya 2017).

### **2.12.4. Input dan Output**

Masing-masing dari 54 pin digital pada Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan *pinMode* (), *digitalWrite* (), dan *digitalRead* () fungsi. Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki *resistor pull-up internal* yang (terputus secara default) dari 20-50 KOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan data serial (TX) TTL. Pin 0 dan 1 juga terhubung ke pin dari ATmega8U2 USB-to-TTL Chip Serial.



1. Interupsi Eksternal: 2 (mengganggu 0), 3 (mengganggu 1), 18 (*interrupt* 5), 19 (*interrupt* 4), 20 (*interrupt* 3), dan 21 (*interrupt* 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *attachInterrupt* () fungsi untuk rincian.
2. PWM: 0 13. Memberikan *output* PWM 8-bit dengan fungsi *analog Write* ().
3. SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga pecah pada header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan *Uno*, *Duemilanove* dan *Diecimila*.
4. LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin tinggi nilai, LED menyala, ketika pin rendah, itu off.
5. I2C: 20 (SDA) dan 21 (SCL). Dukungan I2C (TWI) komunikasi menggunakan perpustakaan Kawat (dokumentasi di website *Wiring*). Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin I2C pada *Duemilanove* atau *Diecimila*.

*Arduino Mega 2560* memiliki 16 *input* analog, yang masing-masing menyediakan 10 bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* mereka mengukur dari tanah ke 5 volt, meskipun adalah mungkin untuk mengubah batas atas dari kisaran mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference* (). Ada beberapa pin lainnya di papan:

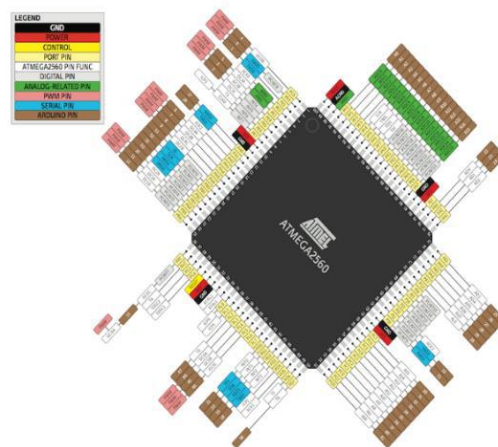
1. AREF. tegangan referensi untuk *input* analog. Digunakan dengan *analogReference* ().

2. Reset. Bawa garis LOW ini untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset untuk perisai yang menghalangi satu di papan tulis (A Wijaya, 2017).

### 2.12.5. Komunikasi

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega2560 menyediakan empat *UART hardware* untuk TTL (5V) komunikasi serial. Sebuah ATmega8U2 pada saluran salah satu papan atas USB dan menyediakan *port com virtual* untuk perangkat lunak pada komputer (mesin *Windows* akan membutuhkan file *.inf*, tapi *OSX* dan *Linux* mesin akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis.

Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data *tekstual* sederhana yang akan dikirim ke dan dari papan. The RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2 *Chip* dan USB koneksi ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Berikut pada Gambar 2.15 adalah pemetaan pin ATMega 2560.



Gambar 2. 15. Pemetaan Pin ATMega 2560

Sumber : A Wijaya, 2017

Sebuah perpustakaan *software serial* memungkinkan untuk komunikasi serial pada setiap pin digital Mega2560 ini. ATmega 2560 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan *Kawat* untuk menyederhanakan penggunaan bus I2C; lihat dokumentasi di website *wiring* untuk rincian. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI. (A Wijaya, 2017)

Pin *digital* arduino mega2560 ada 54 pin yang dapat di gunakan sebagai *input* atau *output* dan 16 pin *analog* berlabel A0 sampai A15 sebagai ADC, setiap pin *analog* memiliki resolusi sebesar 10 bit. Arduino Mega2560 di lengkapi dengan pin dengan fungsi khusus, sebagai berikut :

1. Serial 4 buah : *Port Serial* : Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX) ;Port Serial 1 : Pin 19 (RX) dan Pin 18 (TX); Port Serial 2 : Pin 17 (RX) dan Pin 16 (TX); Port Serial 3 : Pin 15 (RX) dan Pin 14 (TX). Pin Rx di gunakan untuk menerima data serial TTL dan Pin (Tx) untuk mengirim data serial TTL.
2. *External Interrupts* 6 buah : Pin 2 (*Interrupt* 0), Pin 3 (*Interrupt* 1), Pin 18 (*Interrupt* 5), Pin 19 (*Interrupt* 4), Pin 20 (*Interrupt* 3) dan Pin 21 (*Interrupt* 2)
3. PWM 15 buah : 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 dan 44,45,46 pin-pin tersebut dapat di gunakan sebagai *output* PWM 8 bit.
4. SPI : Pin 50 (MISO), Pin 51 (MOSI), Pin 52 (SCK), Pin 53 (SS) , digunakan untuk komunikasi SPI menggunakan SPI *library*.
5. I2C : Pin 20 (SDA) dan Pin 21 (SCL) , komunikasi I2C menggunakan *wire library*.
6. LED : 13. *Buit-in* LED terhubung dengan Pin Digital 13. (labelektronika/ arduinomega2560).

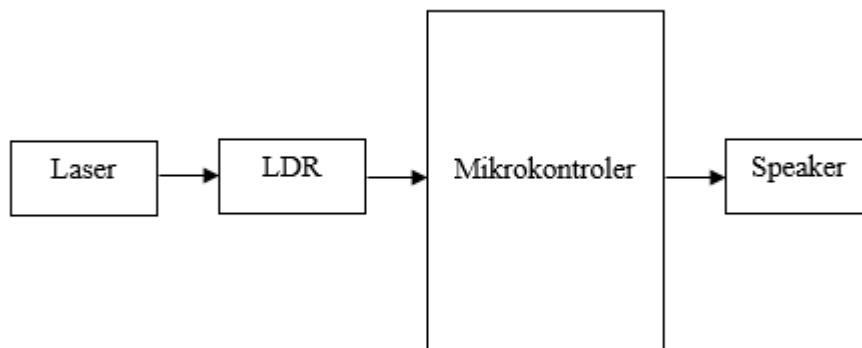
## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada metode penelitian ada 2 hal yang harus diperhatikan dalam perancangan alat, yaitu perancangan mekanik dan perancangan elektro.

#### 3.1. Blok Diagram

Sebelum merancang suatu sistem, terlebih dahulu membuat blok diagram. Blok diagram merupakan salah satu cara sederhana untuk menjelaskan cara kerja dari suatu sistem. Blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 3.1.



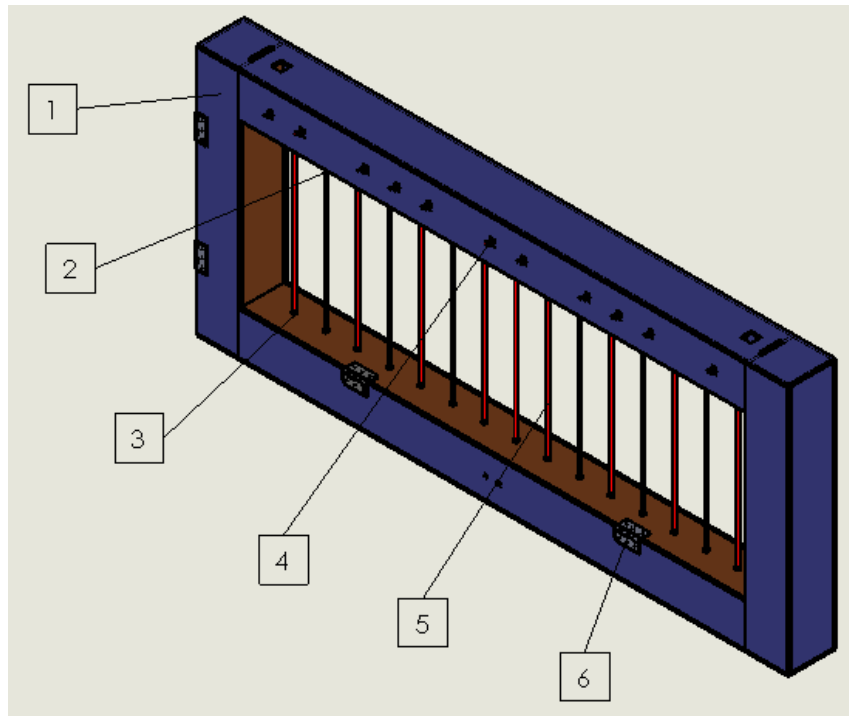
Gambar 3. 1. Blok Diagram  
*Sumber : Penulis*

Dari blok diagram menjelaskan sistem kerja keseluruhan dari rancang bangun harpa laser ini. Pada tahap awal ketika tombol *on* ditekan maka semua laser menyala sehingga LDR dalam keadaan menerima cahaya laser. Ketika salah satu cahaya laser dihalangi maka LDR tersebut tidak menerima cahaya yang kemudian *output* LDR akan diterima oleh mikrokontroler yang akan mengirim frekuensi *tone* ke *speaker*. *Speaker* akan mengeluarkan suara (*tone*) sesuai dengan frekuensi tersebut. Ketika

cahaya lasernya diterima kembali oleh LDR maka mikrokontroller maka tidak ada frekuensi yang diterima oleh *speaker*, *speaker off*.

### 3.2. Perancangan Mekanik Harpa Laser

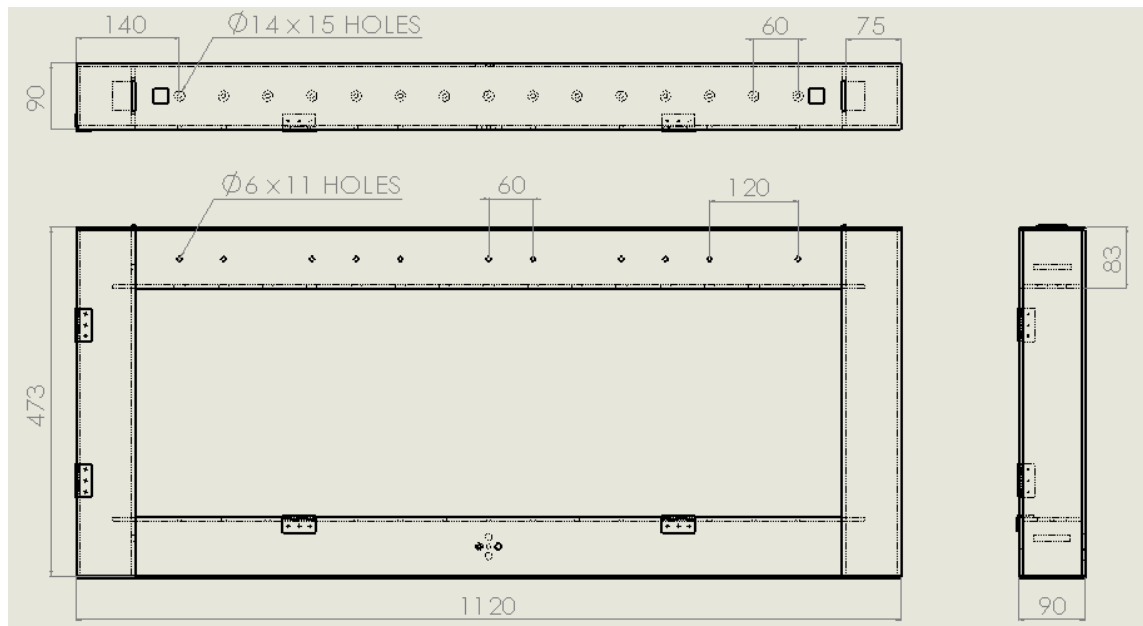
Untuk perancangan desain mekanik ditunjukkan pada Gambar 3.2. dan 3.3.



Gambar 3. 2. Perancangan Mekanik Harpa Laser  
Sumber : Penulis

Keterangan :

1. *Body Harpa*
2. *Sensor LDR*
3. *Dioda Laser*
4. *Toggle Switch*
5. *Sinar Laser*
6. *Penyiku*



Gambar 3. 3. Perancangan Mekanik Harpa Laser Tampak Depan  
*Sumber : Penulis*

Harpa laser terbuat dari bahan kayu dengan perancangan panjang 1120 mm, lebar 90 mm dan tinggi 473 mm. Jarak antara laser satu dengan laser lainnya adalah 60 mm.

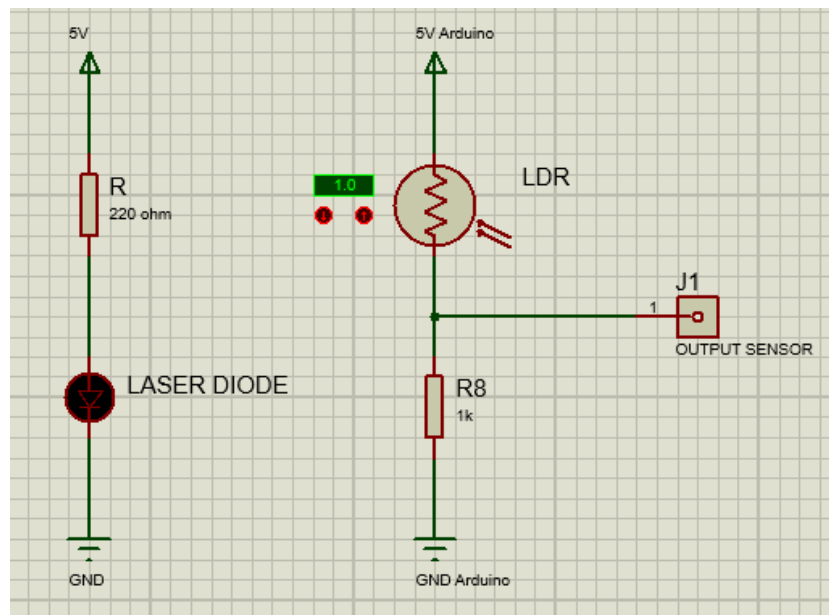
### 3.3. Perancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan sistem perangkat keras (*hardware*) meliputi beberapa bagian mengenai beberapa komponen yaitu rangkaian sensor, laser, *speaker*, arduino mega 2560 dan rangkaian sistem keseluruhan.

#### 3.3.1. Rangkaian Sensor LDR dan Switch

Rangkaian sensor LDR dan *switch* adalah *input* dari harpa laser ini. Sensor yang digunakan adalah sensor cahaya LDR. LDR akan menerima cahaya langsung dari dioda laser kemudian *output* dari LDR akan masuk ke mikrokontroler.

Sedangkan *switch* digunakan sebagai *input* untuk mengubah nada biasa ke nada #. Pada saat *switch toggle* dalam keadaan *close* maka nada yang dikeluarkan speaker adalah C, D, E, F, G, A dan B. Namun jika *switch* dalam keadaan *open* maka nada yang dikeluarkan *speaker* adalah C#, D#, F#, G# dan A#. Adapun perancangan rangkaian sensor dan *switch* ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4. Skema Rangkaian Sensor  
Sumber : Penulis

Pada saat awal, sensor LDR sudah menerima cahaya laser, resistansi di LDR kecil. *Output* sensor ketika LDR menerima cahaya diatur bernilai *high*. Ketika cahaya laser yang diterima sensor LDR tersebut dihalangi, maka LDR tidak menerima cahaya apapun, resistansi LDR mendekati maksimal, *output* sensor bernilai *low*. Maka *output* dari sensor LDR yang bernilai *high* atau *low* inilah yang akan masuk ke arduino mega 2560 yang kemudian arduino mengirimkan frekuensi ke

speaker sehingga speaker berbunyi sesuai dengan frekuensi nada yang diterimanya dari arduino.

Untuk pengaturan program sensor LDR yang menggunakan arduino mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 3.5.

```
int note_C = A1;  
int note_D = A2;  
int note_E = A3;  
int note_F = A4;  
int note_G = A5;  
int note_A = A6;  
int note_B = A7;  
int note_Ca = A8;  
int note_Da = A9;  
int note_Ea = A10;  
int note_Fa = A11;  
int note_Ga = A12;  
int note_Aa = A13;  
int note_Ba = A14;  
int note_Cb = A15;
```

Gambar 3. 5. Program pin sensor LDR

*Sumber : Penulis*

Dari gambar diatas terlihat bahwa penulis menggunakan *pin analog* 1-15 pada arduino untuk dijadikan *input* LDR. LDR dengan nada C rendah diberi nama variabel `note_C`, LDR nada D diberi nama `note_D` dan seterusnya.

Selanjutnya pada fungsi *setup* dapat dimasukkan program untuk menginisialisasi *mode* suatu pin sebagai *input* atau *output*. Pengaturan *mode* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6.



```

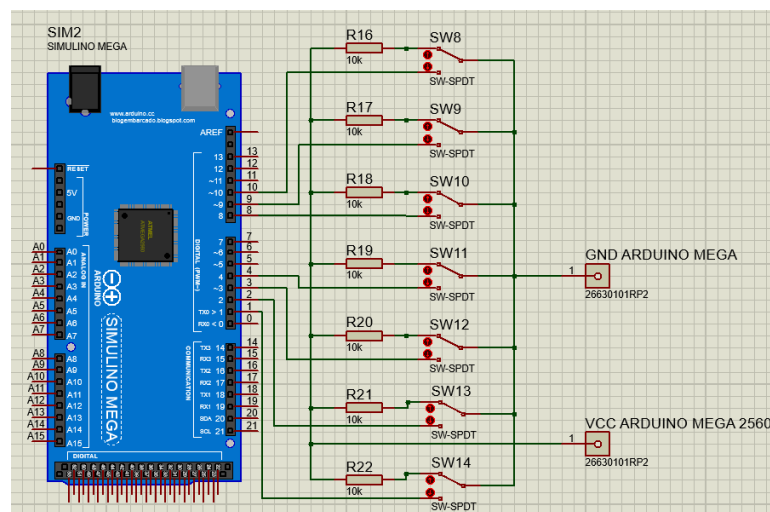
void setup()
{
  pinMode(note_C, INPUT);
  pinMode(note_D, INPUT);
  pinMode(note_E, INPUT);
  pinMode(note_F, INPUT);
  pinMode(note_G, INPUT);
  pinMode(note_A, INPUT);
  pinMode(note_B, INPUT);
  pinMode(note_Ca, INPUT);
  pinMode(note_Da, INPUT);
  pinMode(note_Ea, INPUT);
  pinMode(note_Fa, INPUT);
  pinMode(note_Ga, INPUT);
  pinMode(note_Aa, INPUT);
  pinMode(note_Ba, INPUT);
  pinMode(note_Cb, INPUT);
}

```

Gambar 3. 6. Program sensor sebagai *input*  
 Sumber : Penulis

Pada baris pertama di fungsi setup terdapat ”pinMode (note\_C, INPUT);” yang berarti *pin* yang digunakan oleh note\_C tersebut diatur sebagai *input*, begitu juga *pin* note yang lain. *Pin* note ini adalah *pin* output dari LDR yang dihubungkan ke *pin* analog arduino.

Selain *input* dari sensor LDR, penulis juga menggunakan *switch* sebagai *input* untuk memberikan logika pada saat *speaker* mengeluarkan nada sumbang.



Gambar 3. 7. Rangkaian toggle switch  
 Sumber : Penulis

Jika *toggle switch* dalam keadaan *close* maka nada yang dikeluarkan *speaker* adalah nada biasa. Sedangkan jika *toggle switch* diposisikan dalam keadaan *open* maka frekuensi nada yang diterima speaker adalah nada sumbang atau nada #. Variabel yang digunakan untuk *switch* dapat dilihat pada Gambar 3.8.

```
int SwitchDb = 2;
int SwitchEb = 3;
int SwitchGb = 4;
int SwitchAb = 5;
int SwitchBb = 6;
int SwitchDbA = 7;
int SwitchEba = 8;
int SwitchGba = 9;
int SwitchAba = 10;
int SwitchBba = 11;
int SwitchDbAa = 12;

int sound = 13;
```

Gambar 3. 8. Program *pin switch*  
Sumber : Penulis

*Switch* yang digunakan untuk *input* harpa sebanyak 11 buah yang dihubungkan ke *pin 2- pin 12* arduino. *SwitchDb* adalah *switch* untuk nada C#, *switchEb* untuk nada D# dan seterusnya.

Pada fungsi *setup* dapat dimasukkan program untuk menginisialisasi *mode* suatu *pin* sebagai *input* atau *output*. *Toggle switch* diatur sebagai *input* sama halnya dengan sensor LDR. Program pada arduino dapat dituliskan sebagai berikut.

```

pinMode (SwitchDb, INPUT);
pinMode (SwitchEb, INPUT);
pinMode (SwitchGb, INPUT);
pinMode (SwitchAb, INPUT);
pinMode (SwitchBb, INPUT);
pinMode (SwitchDbA, INPUT);
pinMode (SwitchEbA, INPUT);
pinMode (SwitchGbA, INPUT);
pinMode (SwitchAbA, INPUT);
pinMode (SwitchBbA, INPUT);
pinMode (SwitchDbAA, INPUT);

pinMode (sound, OUTPUT);
}

```

Gambar 3. 9. Program *switch* sebagai *input*

*Sumber : Penulis*

Pada baris pertama ditulis “pinMode (SwitchDb, *INPUT*);” artinya pin yang digunakan oleh variabel SwitchDb diatur sebagai *input*, begitu juga untuk pin SwitchEb dan seterusnya. Pin *switch* ini adalah *output* dari *toggle switch* yang digunakan untuk mengubah nada biasa menjadi nada sumbang.

Kemudian masuk ke program selanjutnya tentang kondisi yang diperoleh pada sensor dan *switch* yang akan ditunjukkan pada Gambar 3.10.

```

{
  if (buttonstate_C == LOW)
  {
    toner = tones[0];
  }
  if (buttonstate_C == LOW && digitalRead(SwitchDb) == LOW)
  {
    toner = tones[1];
  }
  if (buttonstate_D == LOW)
  {
    toner = tones[2];
  }
  if (buttonstate_D == LOW && digitalRead(SwitchEb) == LOW)
  {
    toner = tones[3];
  }
}

```

Gambar 3. 10. Program logika sensor LDR dan Switch

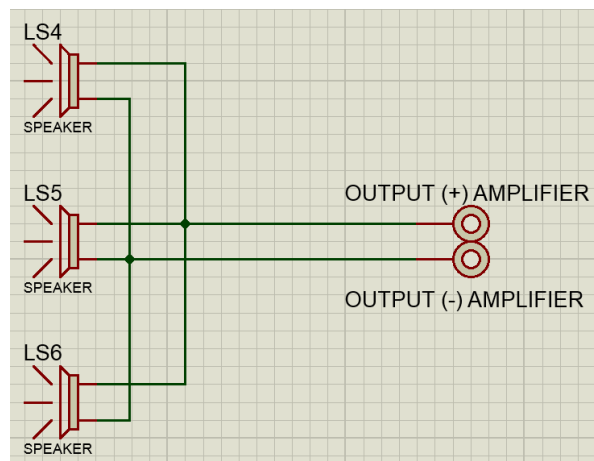
*Sumber : Penulis*

Pada baris pertama tertulis “if (buttonstate\_C == LOW)” artinya jika pada saat itu LDR yang terhubung ke pin buttonstate\_C kondisinya *low* (LDR tidak menerima cahaya laser) maka perintahnya adalah “{ toner = tones [0]; }” frekuensi nada yang dikirim oleh arduino ke *speaker* adalah frekuensi yang ada pada fungsi *tones* [0] yaitu nilai frekuensinya adalah 1912. Frekuensi tersebut menghasilkan nada do atau nada C.

Jika kondisi pertama tidak terpenuhi maka baris tersebut akan dilewati, selanjutnya pembacaan program pada kondisi ”if (buttonstate\_C == LOW && digitalRead (switchDb) == LOW);” artinya jika kondisi LDR yang terhubung di pin buttonstate\_C dalam kondisi *low* dan switchDb juga dalam kondisi *low* maka perintahnya adalah “{ toner = tones [1] };” *tone* yang akan dikirim ke *speaker* adalah nilai frekuensi yang ada pada fungsi *tones* [1] yaitu nilai frekuensinya adalah 1804. Frekuensi tersebut menghasilkan nada di atau nada C#. begitu seterusnya pembacaan program yang tertulis di arduino. Jika kondisi pertama tidak terpenuhi maka akan dilewati dan masuk ke kondisi selanjutnya hingga kondisi didalam if selesai maka pembacaan selanjutnya adalah kondisi didalam else yang berfungsi untuk menonaktifkan *pin speaker* sehingga *speaker* tidak mengeluarkan bunyi apapun.

### 3.3.2. Rangkaian Speaker

*Speaker* yang digunakan pada rancangan Harpa Laser ini adalah speaker 3Watt 4Ω sebanyak 3 buah. Speaker tersebut mengeluarkan bunyi nada sesuai dengan frekuensi yang diterimanya. Ada 25 nada berbeda yang keluar melalui speaker.



Gambar 3. 11. Rangkain speaker  
 Sumber : Penulis

Setelah mendapat *input* dari sensor LDR dan *switch*, *pin output* arduino akan mengirim nilai frekuensi ke *amplifier module*, jadi *output* suara speaker dapat di atur besar kecil volumenya. Untuk mengatur frekuensi yang diterima speaker dapat ditulis program di arduino mega 2560 seperti pada Gambar dibawah ini.

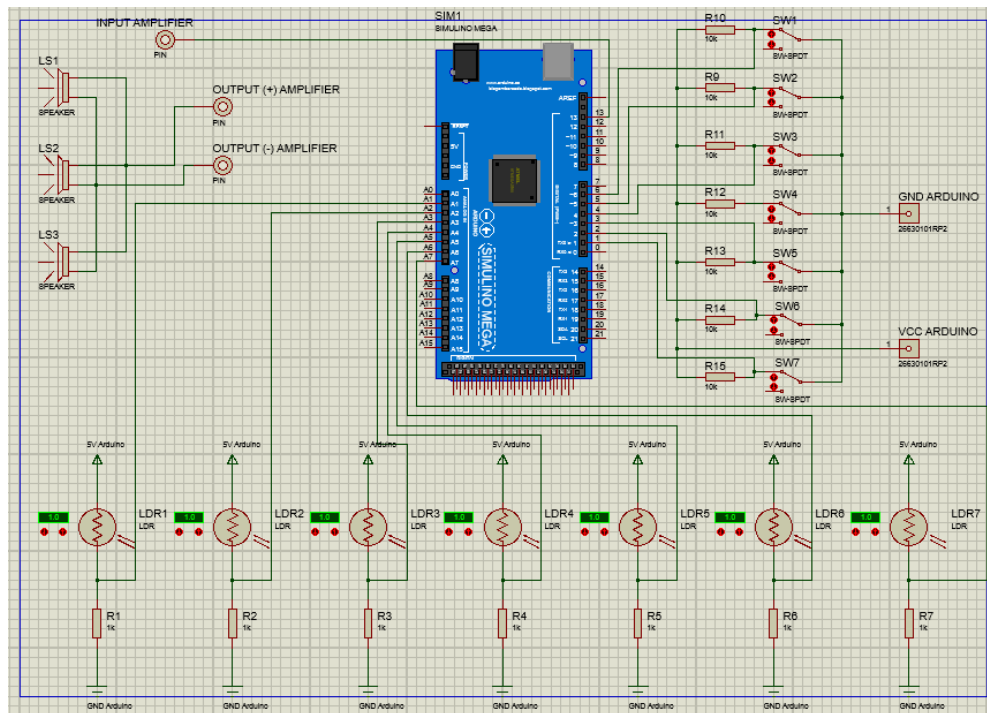
```
//freq
int tones[] = { 1912, 1804, 1703, 1607, 1517, 1432, 1352, 1276, 1196 };
int toner = 0;
```

Gambar 3. 12. Program nilai frekuensi  
 Sumber : Penulis

*Tones* berisi semua nilai frekuensi nada yang sesuai dengan bunyi nada musik. Kemudian frekuensi tersebut akan dipanggil kembali ke program selanjutnya melalui variabel *toner*. *Tones* 1912 adalah nilai frekuensi nada C, *tones* 1804 adalah frekuensi nada C#, 1703 untuk nada D, 1607 untuk nada D#, 1517 untuk nada E, 1432 untuk nada F, 1352 untuk nada F#, 1276 untuk nada G dan seterusnya.

### 3.3.3. Rangkaian Keseluruhan

Rangkaian keseluruhan harpa laser ini terdiri dari rangkaian sensor, arduino mega 2560 dan *speaker* sebagai *outputnya*. Skema rangkaian seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13. Skema Rangkaian Harpa Laser

Sumber : Penulis

*Input* dari sistem harpa laser ini adalah sensor LDR. Sensor LDR terhubung ke kaki analog arduino mega 2560. Ada 15 buah sensor LDR yang digunakan pada tugas akhir ini. *Pin analog* arduino yang dipakai adalah pin A1 – A15. Selanjutnya *input* dari *switch* yang terhubung pada pin 2 – pin 12. *Switch* yang digunakan sebanyak 11 buah. Sedangkan *output* yang berupa speaker sebanyak 3 buah terhubung ke *pin* 13 arduino yang telah diatur menjadi *pin output*.

Adapun prinsip kerja keseluruhan dari harpa laser ini adalah pada saat LDR yang terhubung pada pin A1 arduino menerima cahaya laser dan pada saat yang sama pula posisi *toggle switch* masih dalam kondisi *close*. maka *output* LDR yang terhubung ke *pin analog* arduino tersebut bernilai *high*. Jika *output high* maka arduino tidak mengirim frekuensi ke *speaker* (*speaker* tidak mengeluarkan suara). Jika LDR yang terhubung ke pin *analog* A1 tidak mendapatkan cahaya laser (cahaya laser tersebut dihalangi ke LDR) maka *output* sensor bernilai *low*. Jika *output low* maka arduino mengirim frekuensi sebesar 1912 (frekuensi nada C) jadi *speaker* akan menghasilkan bunyi nada C.

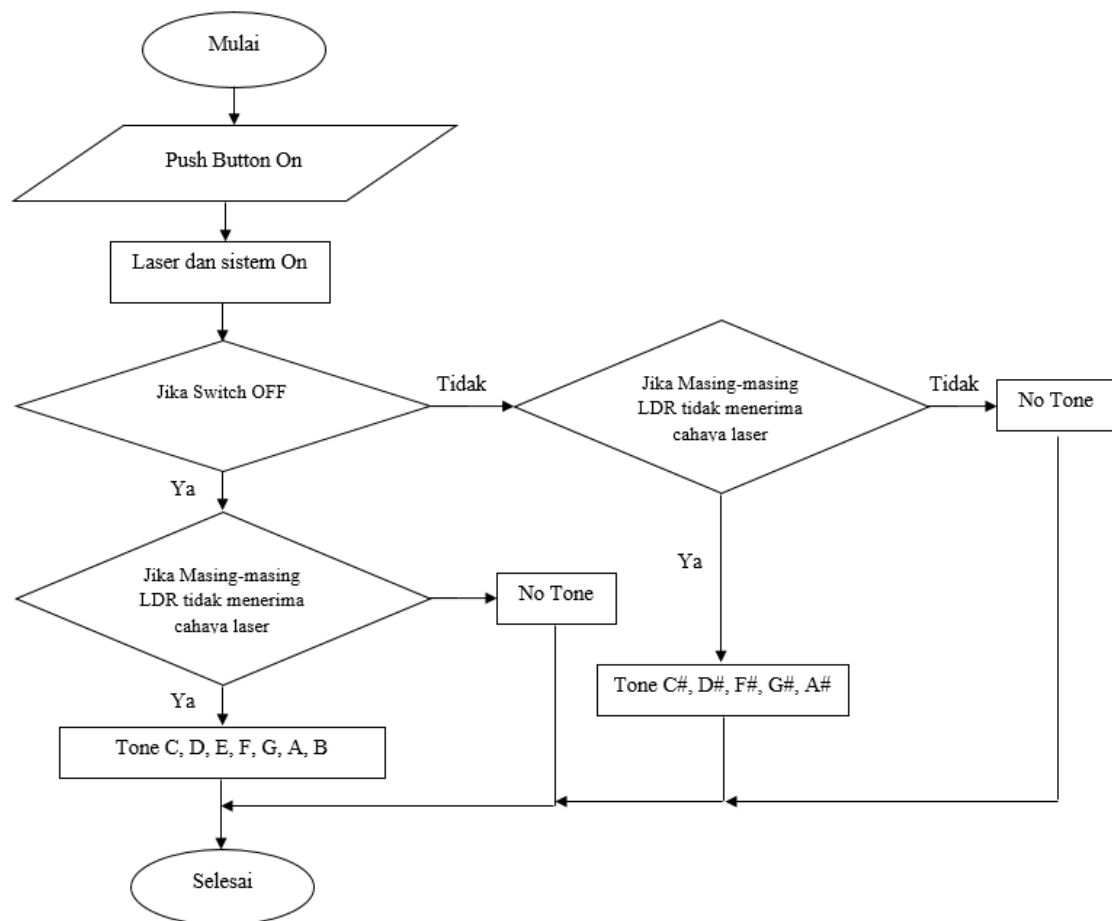
Pada saat LDR yang terhubung pada *pin* A1 arduino menerima cahaya laser, maka *output* LDR yang terhubung ke *pin analog* arduino tersebut bernilai *high*. Jika *output high* maka arduino tidak mengirim frekuensi ke *speaker* (*speaker* tidak mengeluarkan suara). Jika LDR yang terhubung ke *pin analog* A1 tidak mendapatkan cahaya laser (cahaya laser tersebut dihalangi ke LDR) kemudian pada saat yang sama pula posisi *toggle switch* dalam kondisi *open*. maka *output* sensor bernilai *low* dan *output switch* juga bernilai *low*. Jika *output* sensor dan *switch low* maka arduino mengirim frekuensi sebesar 1804 (frekuensi nada C#) jadi *speaker* akan menghasilkan bunyi nada C#.

Pada saat LDR yang terhubung pada pin A2 arduino menerima cahaya laser dan pada saat yang sama pula posisi *toggle switch* masih dalam kondisi *close*. maka *output* LDR yang terhubung ke *pin analog* arduino tersebut bernilai *high*. Jika *output high* maka arduino tidak mengirim frekuensi ke *speaker* (*speaker* tidak mengeluarkan suara). Jika LDR yang terhubung ke *pin analog* A2 tidak mendapatkan cahaya laser

(cahaya laser tersebut dihalangi ke LDR) maka *output* sensor bernilai *low*. Jika *output low* maka arduino mengirim frekuensi sebesar 1703 ke *speaker* (frekuensi nada D) jadi *speaker* akan menghasilkan bunyi nada D. Prinsip kerja seperti ini juga berlaku untuk nada D#, E, F dan seterusnya hingga 25 nada.

### 3.4. Perancangan Flowchart

Dalam perancangan harpa laser ini dibutuhkan *flowchart* yang dapat menjelaskan kerja dari sistem yang direncanakan. *Flowchart* tersebut yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14. *Flowchart* Rancangan Harpa Laser  
Sumber : Penulis



Dari *flowchart* diatas dapat dilihat bahwa pada saat sitem aktif (*push button on* di tekan) maka laser dan sistem keseluruhan *on* (sensor dan arduino). Kemudian masuk ke percabangan logika jika *switch off* dan jika masing-masing LDR tidak menerima cahaya laser (cahaya laser ke LDR dihalangi) maka nada yang akan keluar pada *speaker* adalah nada-nada biasa seperti nada C, D, E, F, G, A, B.

Jika *switch off* dan jika maasing-masing LDR menerima cahaya laser maka tidak ada nada yang keluar dari *speaker* karena arduino tidak mengirim frekuensi ke *speaker*, *speaker off*.

Jika *switch on* dan jika LDR tidak menerima cahaya laser (cahaya laser ke LDR dihalangi) maka nada yang akan keluar pada *speaker* adalah nada-nada sumbang seperti nada C#, D#, F#, G# dan A#.

Jika *switch off* dan tidak menerima cahaya laser (cahaya laser ke LDR dihalangi) maka tidak ada nada yang keluar dari *speaker* karena arduino tidak mengirim frekuensi ke *speaker*, *speaker off*.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian adalah data-data tentang sistem yaitu hasil pengujian sistem, berupa karakteristik dan spesifikasi alat. Untuk mengetahui kinerja hasil rancangan maka perlu dilakukan pengujian terhadap rangkaian dan masing2 komponen yang digunakan seperti pengujian sumber tegangan, sensor LDR, pengujian kinerja bunyi dan frekuensi nada.

#### 4.1. Sumber Tegangan

Harpa laser menggunakan 2 buah *power supply* yang digunakan untuk mengaktifkan sistem arduino dan sumber tegangan untuk laser. Sebelumnya telah dicoba menggunakan 1 sumber untuk keseluruhan rangkaian, namun Harpa Laser ini tidak berfungsi dengan baik karena LDR tidak bisa mendeteksi cahaya laser yang diterimanya, jadi untuk laser digunakan sumber tegangan lain yang dipisah supaya cahaya laser lebih terang dan LDR mampu menerima dan mendeteksi cahaya yang diterimanya. *Power supply* laser mempunyai spesifikasi tegangan *output* 5V DC dengan arus 2A. Pada saat dilakukan pengukuran, tegangan *output* power supply sebesar 5,16 VDC.

Pada Tugas Akhir ini penulis menggunakan laser dioda dengan spesifikasi tegangan *input* 5 VDC dan arus *input* maksimal 40 mA. Maka dengan menggunakan rumus ohm dapat diketahui besar resistansi yang dirangkai seri ke laser dioda tersebut. Melalui persamaan 4.1.

$$\begin{aligned}
 R_{\text{untuk laser}} &= \frac{V_{\text{laser}}}{I_{\text{laser}}} & (4.1) \\
 &= \frac{5 \text{ Volt}}{0,04 \text{ A}} \\
 &= 125 \Omega
 \end{aligned}$$

Jadi besarnya hambatan minimal untuk laser dioda adalah  $125\Omega$  agar arus yang mengalir pada laser tersebut tidak melewati batas arus *input* maksimalnya. Berikut adalah gambar *power supply* yang digunakan sebagai sumber laser dioda.



Gambar 4. 1. *Power Supply* untuk Laser  
Sumber : Penulis

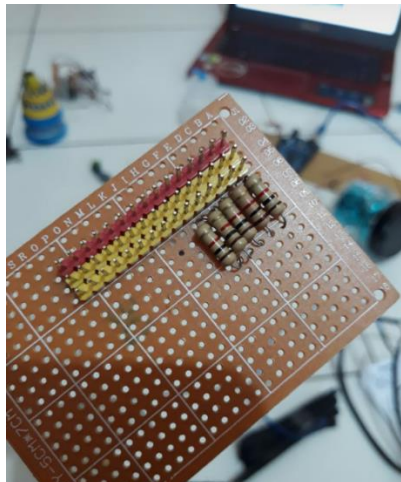
Sedangkan untuk mengaktifkan sistem arduino menggunakan *power supply* 5 V DC 2A yang pada saat diukur menggunakan alat ukur (multimeter) besar tegangan *output power supply* tersebut adalah 5,63 VDC. Tegangan ini digunakan untuk mengaktifkan arduino mega 2560, rangkaian sensor dan *speaker*.



Gambar 4. 2. *Power Supply* untuk Arduino, Sensor dan *Speaker*  
*Sumber : Penulis*

## 4.2. Pengujian Sensor LDR

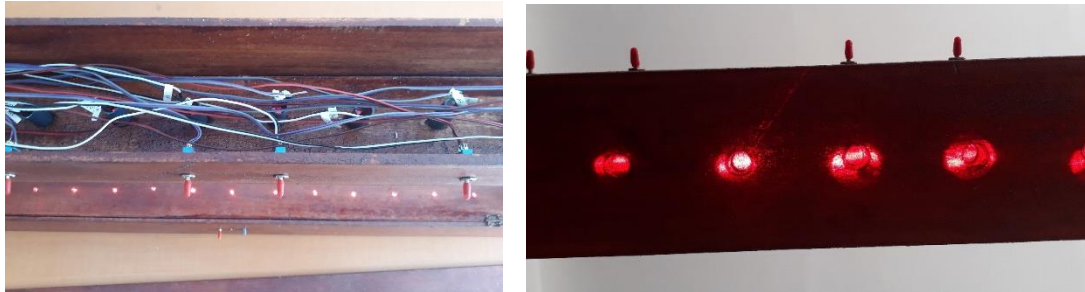
Rancangan sensor LDR dirangkai menggunakan PCB bolong seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4. proses pembuatan rangkaian sensor pada PCB.



Gambar 4. 3. Proses Pembuatan Rangkaian untuk Sensor LDR  
*Sumber : Penulis*

Setelah rangkaian tersebut selesai dibuat dan dilakukan pengecekan kaki-kaki *pin* menggunakan multimeter, maka hal yang dilakukan selanjutnya adalah menyambung kaki-kaki sensor menggunakan kabel *jumper* yang panjang kabel sudah

ditentukan sesuai dengan jarak sensor ke *pin* rangkaian maupun arduino seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4. Sensor LDR pada saat menerima cahaya laser  
*Sumber : Penulis*

Sensor LDR yang digunakan pada tugas akhir ini sebanyak 15 buah. Masing-masing *output* sensor terhubung ke *pin-pin* digital arduino. Jika LDR menerima cahaya laser (kondisi *high*) maka arduino tidak mengirim *output* apapun ke *speaker*, *speaker off*. Jika LDR tidak menerima cahaya laser (kondisi *low*) maka arduino akan mengirim frekuensi ke *speaker* sehingga *output speaker* berupa suara sesuai dengan frekuensi nada yang diterimanya.

Masing-masing LDR mendapat *input* tegangan yang sama yaitu sebesar 5 Volt (tegangan sumber) karena semua sensor dipasang paralel. Sedangkan untuk *output* LDR dilakukan pengukuran besarnya tegangan *output* pada sensor LDR yang masuk ke arduino. Pengukuran tersebut dilakukan menggunakan alat ukur multimeter digital. Data yang telah diukur dapat dilihat pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1. Pengukuran Tegangan *Output* pada Sensor LDR (terang)

Nada	<i>Output</i> Tegangan (V)		
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3
C3	0,15	0,17	0,16
D3	0,05	0,06	0,06
E3	0,07	0,07	0,06
F3	0,03	0,04	0,03
G3	0,02	0,02	0,03
A4	0,18	0,15	0,16
B4	0,21	0,20	0,19
C4	0,12	0,09	0,10
D4	0,05	0,06	0,04
E4	0,14	0,09	0,12
F4	0,11	0,10	0,09
G4	0,06	0,08	0,06
A5	0,15	0,13	0,13
B5	0,07	0,04	0,05
C5	0,21	0,20	0,22
Rata-rata	0,11 Volt	0,10 Volt	0,10 Volt

*Sumber : Penulis*

Dari Tabel 4.1. dapat dilihat bahwa data *output* tegangan sensor LDR pada saat kondisi sensor LDR tersebut menerima cahaya laser maka *output* masing-masing

sensor mendekati nilai 0 Volt. *Output* tegangan yang paling mendekati 0 yaitu *output* sensor LDR untuk nada G3 sekitar 0,02 Volt. Sedangkan *output* tegangan yang paling besar yaitu *output* sensor LDR nada C5 sekitar 0,22 Volt. Dari nilai rata-rata tegangan *output* semua LDR pada harpa laser ini maka tegangan yang didapatkan sekitar 0,10 – 0,11 Volt.

Sedangkan untuk pengukuran tegangan *output* LDR pada saat kondisi LDR tidak menerima cahaya (cahaya laser ke LDR dihalangi) maka pengukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Pengukuran Tegangan *Output* pada Sensor LDR (gelap)

Nada	<i>Output</i> Tegangan (V)		
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3
C3	2,35	2,36	2,35
D3	2,24	2,23	2,22
E3	1,73	1,74	1,74
F3	1,90	1,91	1,91
G3	2,31	2,32	2,30
A4	1,80	1,82	1,81
B4	2,82	2,81	2,81
C4	2,25	2,25	2,27
D4	2,08	2,08	2,09
E4	2,21	2,21	2,22
F4	2,11	2,10	2,10

G4	2,56	2,58	2,60
A5	2,13	2,12	2,13
B5	2,10	2,11	2,08
C5	2,94	2,95	2,94
Rata-rata	2,23 Volt	2,23 Volt	2,24 Volt

*Sumber : Penulis*

Dari Tabel 4.2. dapat dilihat bahwa data *output* tegangan sensor LDR pada saat kondisi sensor LDR tersebut tidak menerima cahaya laser (cahaya laser yang mengarah ke sensor LDR dihalangi) maka *output* masing-masing sensor sekitar 2,23 Volt – 2,24 Volt. Tegangan ini yang akan masuk ke arduino sebagai *input*.

*Output* tegangan yang paling kecil yaitu *output* sensor LDR untuk nada E3 sekitar 1,73 Volt. Sedangkan *output* tegangan yang paling besar yaitu *output* sensor LDR nada C5 sekitar 2,94 Volt. Untuk kerja semua sensor LDR adalah 100% yang menghasilkan informasi tegangan ke arduino.

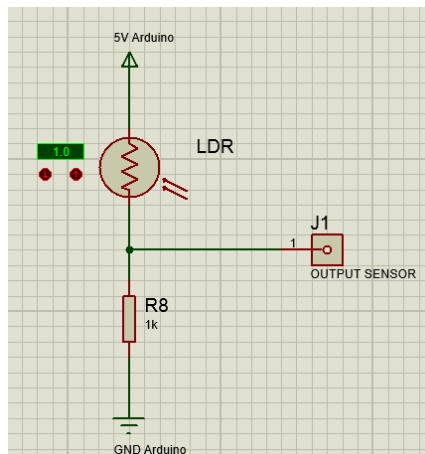
### **4.3. Perhitungan Arus Total Rangkaian Keseluruhan**

Adaptor yang digunakan sebagai sumber tegangan menyediakan arus sebesar 2A. Arus tersebut akan melewati semua percabangan dari rangkaian keseluruhan harpa laser ini. Perhitungan arus tersebut dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu arus sensor LDR, arus *toggle switch*, arus *amplifier* dan arus *speaker*.

#### **4.3.1. Perhitungan Arus pada Sensor LDR**

Rangkaian untuk sensor LDR yang digunakan harpa laser seperti ditunjukkan pada Gambar berikut :





Gambar 4. 5. Rangkaian Sensor LDR  
*Sumber : Penulis*

Pada pengujian sebelumnya telah dilakukan pengukuran besar tegangan *output* sensor LDR, melalui data tersebut dapat dihitung arus yang mengalir ke sensor LDR. Diketahui tegangan *output* LDR rata-rata adalah 2,24 Volt, maka :

$$V_{out} = V_{1k\Omega} = 2,24 \text{ Volt}$$

$$V_{ldr} = V_{arduino} - V_{out} \quad \text{Persamaan (4.2)}$$

$$= 5 \text{ Volt} - 2,24 \text{ Volt}$$

$$= 2,76 \text{ Volt}$$

Saat LDR tidak menerima cahaya laser, hambatan yang terukur di LDR sebesar  $100\Omega$ . Maka dengan hukum ohm dapat dihitung arus LDR sebagai berikut :

$$I_{ldr} = \frac{V_{ldr}}{R_{ldr}} \quad \text{Persamaan (4.3)}$$

$$= \frac{2,76 \text{ Volt}}{0,1 \text{ k}\Omega}$$

$$= 27,6 \text{ mA}$$

Jadi arus rata-rata yang mengalir pada sensor LDR adalah sebesar 27,6 mA. Dengan cara yang sama melalui persamaan (4.2) dan (4.3) maka dapat dihitung arus

yang mengalir ke sensor LDR nada C3 sampai dengan C5, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel :

Tabel 4. 3. Tegangan dan Arus pada Sensor LDR

Nada	Vout LDR yang diukur	V LDR (Vs-Vout LDR)	I LDR (V Ldr / R LDR)
C3	2,35 Volt	2,65 Volt	26,5 mA
D3	2,23 Volt	2,77 Volt	27,7 mA
E3	1,74 Volt	3,26 Volt	32,6 mA
F3	1,91 Volt	3,09 Volt	30,9 mA
G3	2,31 Volt	2,69 Volt	26,9 mA
A4	1,81 Volt	3,19 Volt	31,9 mA
B4	2,81 Volt	2,19 Volt	21,9 mA
C4	2,26 Volt	2,26 Volt	22,6 mA
D4	2,08 Volt	2,92 Volt	29,2 mA
E4	2,21 Volt	2,79 Volt	27,9 mA
F4	2,10 Volt	2,90 Volt	29,0 mA
G4	2,58 Volt	2,42 Volt	24,2 mA
A5	2,13 Volt	2,87 Volt	28,7 mA
B5	2,10 Volt	2,90 Volt	29,0 mA
C5	2,94 Volt	2,06 Volt	20,6 mA
Arus Total			409,6 Ma

Sumber : Penulis

Jadi besarnya arus total yang masuk ke semua percabangan sensor LDR dari nada C3 sampai nada C5 sebesar 409,6 mA.

#### 4.3.2. Perhitungan Arus *Toggle Switch*

*Toggle switch* yang digunakan pada harpa laser ini sebanyak 11 buah yang dipasang secara paralel dan mendapatkan tegangan *input* sebesar 5 Volt dari pin arduino mega 2560. Perhitungan arus pada *toggle switch* sebagai berikut :

Diketahui  $V_s = 5$  Volt, dikarenakan *switch* dipasang paralel, maka  $V$  masing-masing *switch* =  $V_s = 5$  Volt. Masing-masing *switch* mendapatkan resistansi sama yaitu  $10k\Omega$ . Maka dengan persamaan (4.3) perhitungan arus pada *switch* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{switch} &= \frac{V_{switch}}{R_{switch}} \\ &= \frac{5 \text{ Volt}}{10k\Omega} \\ &= 0,5 \text{ mA} \end{aligned}$$

Jika masing-masing *switch* dialiri arus 0,5 mA, sedangkan total *switch* yang digunakan sebanyak 11 buah. Jadi arus total untuk semua *switch* adalah :

$$0,5mA \times 11 = 5,5 \text{ mA}$$

Jadi arus total yang mengalir pada rangkaian *switch1* sampai dengan *switch11* sebesar 5,5 mA.

#### 4.3.3. Perhitungan Arus pada *Amplifier*

Jenis *amplifier* yang digunakan pada harpa laser ini adalah *amplifier* mini 386 dengan spesifikasi tegangan *input* 5-15 Volt dan daya yang dihasilkan pada tegangan

kerja 5-6 Volt adalah 125 mW. Setelah mengetahui spesifikasi *amplifier* tersebut maka dapat dihitung arusnya menggunakan persamaan :

$$I_{amp} = \frac{P_{amp}}{V_{amp}}$$

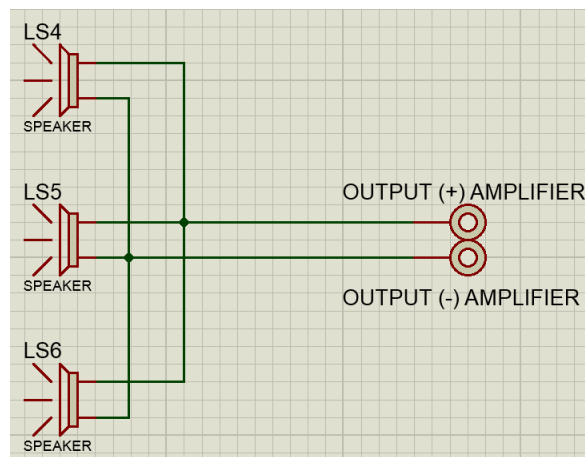
$$= \frac{125 \text{ mW}}{5 \text{ V}}$$

$$= 25 \text{ mA}$$

Jadi arus yang mengalir pada *amplifier* adalah 25 mA.

#### 4.3.4. Perhitungan Arus pada *Speaker*

*Speaker* yang digunakan harpa laser sebanyak 3 buah. Masing-masing *speaker* mempunyai spesifikasi daya 4 watt dan hambatan  $3\Omega$ . Pada data pengujian *speaker*, diketahui tegangan yang terukur pada *output amplifier* adalah 2 Volt. Bentuk rangkaian *speaker* adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 6. Rangkaian speaker  
Sumber : Penulis

Tegangan dari *amplifier* sebesar 2 Volt akan masuk ke 3 buah *speaker* yang dipasang paralel, jadi  $V_{out\ amp} = V_{speaker1} = V_{speaker2} = V_{speaker3} = 2\ Volt$ . Jika diketahui hambatan pada masing-masing *speaker* adalah  $4\Omega$ . Maka arusnya adalah :

$$\begin{aligned} I_{speaker1} &= \frac{V_{speaker1}}{R_{speaker1}} \\ &= \frac{2\ Volt}{4\ \Omega} \\ &= 0,5\ A \\ &= 500\ mA \end{aligned}$$

Jadi arus yang mengalir di *speaker1* adalah 500 mA. Dikarenakan *speaker2* dan *speaker3* juga mendapat tegangan 2 Volt dan mempunyai hambatan yang sama, maka arus yang mengalir pada *speaker2* dan *speaker3* juga sebesar 500 mA. Dengan demikian, total arus yang mengalir pada *speaker* adalah :

$$\begin{aligned} I_{tot\ speaker} &= I_{speaker1} + I_{speaker2} + I_{speaker3} \\ &= 500\ mA + 500\ mA + 500\ mA \\ &= 1500\ mA \end{aligned}$$

Setelah mengetahui arus total pada masing-masing percabangan, maka arus total keseluruhan rangkaian harpa laser ini adalah :

$$\begin{aligned} I_{rangkai\an\ keseluruhan} &= I_{tot\ LDR} + I_{tot\ switch} + I_{tot\ amp} + I_{tot\ speaker} \\ &= 409,6\ mA + 5,5\ mA + 25\ mA + 1500\ mA \\ &= 1940\ mA \\ &= 1,94\ A \end{aligned}$$

Jadi jumlah arus rangkaian keseluruhan adalah 1,94 A sedangkan arus *input* sumber adalah 2A. Selisihnya hanya 0,06 mA. Perhitungan ini membuktikan bahwa pada rangkaian harpa laser ini berlaku hukum kirchoff 1 yang berbunyi, “jumlah arus listrik yang masuk melalui titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan jumlah arus yang keluar melalui titik percabangan tersebut”.

#### 4.4. Pengujian Kinerja Bunyi Harpa Laser

Untuk mengetahui arduino dapat memproses hasil *input* dari sensor dilakukan pengujian dengan cara menghalangi cahaya laser yang diterima oleh sensor LDR dan mendengar suara yang di hasilkan laser harpa apakah ada *output* suara atau tidak (*error*). Berikut ini adalah data kinerja *output* suara laser harpa bisa kita lihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Data kinerja *output* suara laser

NO	NADA	DIAM (TIDAKADA <i>OUTPUT</i> )	BUNYI
1	C3	-	✓
2	C#3	-	✓
3	D3	-	✓
4	D#3	-	✓
5	E3	-	✓
6	F3	-	✓
7	F#3	-	✓
8	G3	-	✓
9	G#3	-	✓
10	A4	-	✓

11	A#4	-	✓
12	B	-	✓
13	C4	-	✓
14	C#4	-	✓
15	D4	-	✓
16	D#4	-	✓
17	E4	-	✓
18	F4	-	✓
19	F#4	-	✓
20	G4	-	✓
21	G#4	-	✓
22	A5	-	✓
23	A#5	-	✓
24	B5	-	✓
25	C5	-	✓

Sumber : Penulis

Dari Tabel 4.4. dapat dilihat bahwa kinerja bunyi yang dihasilkan oleh *output* arduino yang kemudian dikirim ke *speaker* hasilnya 100% bekerja dengan baik. Dari percobaan yang dilakukan terlihat bahwa semua bunyi terdengar, tidak ada *error* yang terjadi pada saat dilakukan pengujian tersebut. Dalam beberapa kondisi ada nada yang terdengar pada saat sensor belum dihalangi, ini terjadi karena cahaya laser yang diarahkan ke sensor bergeser. Untuk mengatasi hal tersebut yang harus dilakukan adalah mengembalikan posisi laser seperti semula.

#### 4.5. Pengujian Frekuensi Nada

Pengujian frekuensi nada dilakukan untuk membandingkan antara nilai acuan frekuensi nada terhadap nilai frekuensi yang terukur di *output* arduino. Frekuensi inilah yang akan dikirim ke *speaker* yang sebelumnya akan melewati *amplifier* terlebih dahulu. Pengukur frekuensi tersebut menggunakan osiloskop digital. Hasil dari pengukuran frekuensi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5. Data pengukuran frekuensi

NO	NADA	FREKUENSI ACUAN (Hz)	FREKUENSI OUTPUT (Hz)	ERROR (%)
1	C3	261,63	261,51	0,046
2	C#3	277,18	277,16	0,007
3	D3	293,66	293,54	0,041
4	D#3	311,13	310,88	0,080
5	E3	329,63	329,67	0,012
6	F3	349,23	348,61	0,177
7	F#3	369,99	369,59	0,108
8	G3	392,00	391,77	0,058
9	G#3	415,30	415,37	0,016
10	A4	440,00	440,04	0,009
11	A#4	466,16	466,32	0,034
12	B4	493,88	493,58	0,061
13	C4	523,25	523,01	0,046
14	C#4	554,37	554,43	0,011
15	D4	587,33	587,08	0,043
16	D#4	622,25	622,41	0,026
17	E4	659,26	659,23	0,004

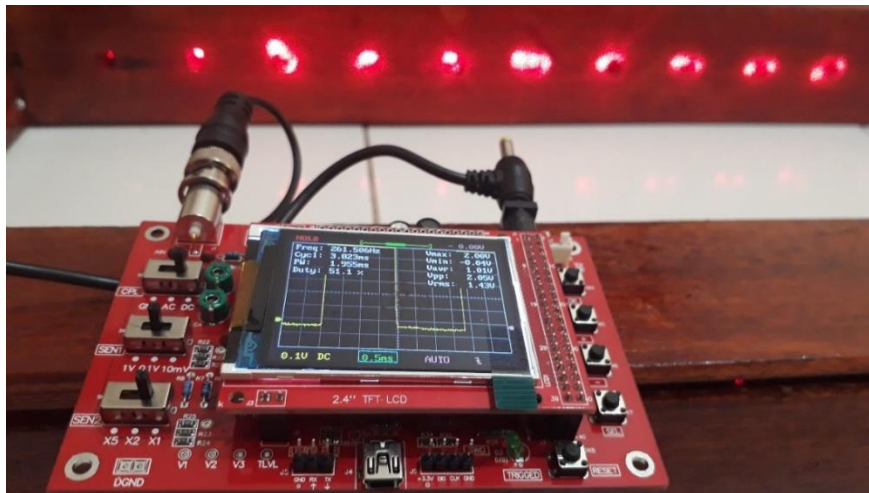


18	F4	698,46	698,60	0,020
19	F#4	739,99	739,64	0,047
20	G4	783,99	782,88	0,142
21	G#4	830,61	830,74	0,016
22	A5	880,00	879,92	0,009
23	A#5	932,33	931,67	0,071
24	B5	987,77	987,16	0,062
25	C5	1046,50	1046,00	0,048
26	C#5	1108,70	1108,00	0,063
Rata – rata error				0,048 %

*Sumber : Penulis*

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa antara frukuensi acuan dengan frekuensi yang terukur pada *output* persen *error*nya hanya berkisar antara 0,007% – 0,177%. *Error* terkecil yaitu 0,007% pada nada C#3 dan nada yang memiliki persen *error* yang paling besar 0,177% adalah nada F3. Rata-rata *error* yang terukur pada harpa laser ini adalah 0,048% yang berarti nada-nada yang dapat didengar dari *speaker* sudah sangat mendekati bunyi nada musik asli.

Berikut ini merupakan gambar ketika melakukan pengambilan data saat mengukur *output* frekuensi dapat kita lihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7. Dokumentasi pengambilan data frekuensi  
 Sumber : Penulis

Pengukuran frekuensi *speaker* menggunakan osiloskop digital. Cara menggunakannya sangat mudah yaitu dengan menghubungkan *probe* positif osiloskop ke *input* positif *speaker* dan *probe* negatif osiloskop terhubung ke *input* negatif *speaker*. Kemudian pada layar osiloskop akan muncul nilai frekuensi,  $V_{max}$ ,  $V_{min}$ ,  $V_{avr}$ ,  $V_{pp}$ ,  $V_{arms}$ ,  $PW$  dan  $Duty$ . Pada Tugas Akhir ini pengukuran yang dibutuhkan hanya nilai frekuensinya saja untuk mengetahui selisih antara frekuensi nada acuan dengan frekuensi yang terukur pada Harpa Laser ini.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dan saran penulis di tugas akhir harpa laser ini adalah sebagai berikut.

#### 5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pengujian sistem, dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain :

1. Harpa laser yang dirancang berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.
2. Sumber tegangan untuk sistem harus dibedakan dengan sumber tegangan laser karena cahaya laser yang dibutuhkan harus sangat terang supaya sensor LDR ketika menerima cahaya laser tersebut resistansinya mendekati nilai resistansi minimal. Hal ini disebabkan oleh *input* sensor harus bernilai *high* atau *low* karena penulis menggunakan *pin digital* arduino untuk sensor LDR tersebut.
3. Tegangan rata-rata dari *output* LDR saat LDR menerima cahaya laser adalah sekitar 0,10 – 0,11 Volt.
4. Tegangan rata-rata dari *output* LDR saat cahaya laser menuju LDR dihalangi (LDR tidak menerima cahaya) adalah sekitar 2,23 – 2,24 Volt.
5. I *input* arduino sama dengan jumlah I *output* pada semua percabangan rangkaian harpa laser.
6. Tidak ada *error* yang terjadi pada saat dilakukan pengujian kinerja bunyi harpa laser. Setiap cahaya laser menuju LDR dihalangi maka *speaker* selalu mengeluarkan bunyi nada yang berbeda.

7. Nilai frekuensi yang dikirim oleh arduino ke *speaker* telah sesuai dengan frekuensi nada acuan terbukti dengan dilakukannya pengukuran frekuensi nada pada *pin output* arduino.
8. Nilai *error* rata-rata frekuensi yang dihasilkan harpa laser ini adalah 0,048% yang berarti frekuensi nada yang dihasilkan arduino sudah sangat mendekati frekuensi nada musik asli.

## 5.2. Saran

Untuk pengembangan tugas akhir ini, maka terdapat beberapa saran yang dapat diberikan antara lain :

1. *Toggle switch* yang digunakan untuk mengubah nada biasa menjadi nada sumbang dapat digantikan dengan *push button* sehingga lebih efektif dalam penggunaannya dan lebih *smooth* suaranya ketika ingin memindahkan bunyi nada karena tuas *toggle switch* pada saat dipindahkan menghasilkan bunyi hasil dari aktivasi mekanik nya.
2. Dapat dilakukan dengan menambahkan LED pada setiap nadanya. Sehingga penulis atau pendengar dapat mengetahui nada apa yang sedang berbunyi melalui lampu indikator (LED) yang hidup pada saat itu.

## DAFTAR PUSTAKA

- A Wijaya, 2017, Arduino Mega 2560, Politeknik Sriwijaya.
- Abdul Yasid, dkk, 2016, Pengaruh Frekuensi Gelombang Bunyi Terhadap Perilaku Lalat Rumah (*Musca domestica*), Universitas Jember.
- Artculture, 2016, Harpa, [online], <http://artculture567/harpa>, diakses tanggal 15 Agustus 2019
- Bonni, 2014, Laser Harpa, Politeknik Caltex Riau.
- Budi Prasodjo, dkk, 2010, Fisika 2 SMP Kelas VIII, Jakarta.
- Bz Editor, 2016, Sejarah Alat Musik Harpa, [online], <https://www.salamiztix.com/2016/02/sejarah-alat-musik-harpa.html>, diakses tanggal 15 Agustus 2019
- Electronica Club, Switches, [online], <http://electronicsclub.info/switches.htm>, [online], diakses tanggal 28 Juli 2019
- Elektronika Dasar, Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor), [online], <http://elektronika-dasar.web.id/sensor-cahaya-ldr-light-dependent-resistor/>, diakses tanggal 2 Maret 2019
- Fitriani, W., Rahim, R., Oktaviana, B., & Siahaan, A. P. U. (2017). Vernam Encrypted Text in End of File Hiding Steganography Technique. *Int. J. Recent Trends Eng. Res*, 3(7), 214-219.
- Hardinata, R. S. (2019). Audit Tata Kelola Teknologi Informasi menggunakan Cobit 5 (Studi Kasus: Universitas Pembangunan Panca Budi Medan). *Jurnal Teknik dan Informatika*, 6(1), 42-45.
- Herdianto, H. (2018). Perancangan Smart Home dengan Konsep Internet of Things (IoT) Berbasis Smartphone. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 6(2).
- Hendrawan, J., & Perwitasari, I. D. (2019). Aplikasi Pengenalan Pahlawan Nasional dan Pahlawan Revolusi Berbasis Android. *JurTI (Jurnal Teknologi Informasi)*, 3(1), 34-40
- Khairul, K., Haryati, S., & Yusman, Y. (2018). Aplikasi Kamus Bahasa Jawa Indonesia dengan Algoritma Raita Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan*, 11(1), 1-6.

Iyon Titok Sugiarto, dkk, 2013, Karakterisasi Dioda Laser Untuk Pengujian Stabilitas Daya dan Frekuensi, Jurnal Pusat Penelitian Fisika-LIPI.

Jurnal Musik, Harpa: Pesona Alat Musik Para Dewa, [online],  
<https://www.jurnalmusik.com/2012/06/harpa-pesona-alat-musik-para-dewa.html>, diakses tanggal 15 Agustus 2019

Labelektronika, ARDUINO MEGA 2560 MIKROKONTROLER ATmega2560, [online], <http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikro-kontroller.html>, diakses tanggal 2 Maret 2019

M. Eric Carr, *Making Music With Microcontrollers*, [online]  
[,http://thepaleotechnologist.net](http://thepaleotechnologist.net), [online], diakses tanggal 2 Maret 2019  
M. Izzatika, Mikrokontroller, Politeknik Sriwijaya.

M Izzatika, Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR), Politeknik Sriwijaya.

Muslimah Susilayati, 2016, Difraksi pada Laser: Tafsir dari “Cahaya di atas cahaya”?, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

Muhammad Muhammad, dkk Jurnal Elektronik Sistem Informasi dan Komputer Vol.2 No.1 Januari-Juni p. ISSN: 2477-5290 e. ISSN: 2502-2148

Putri, N. A. (2018). Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Kepribadian Siswa Menggunakan Metode Certainty Factor dalam Mendukung Pendekatan Guru. INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science, 1(1), 78-90.

S Anggie Intan, 2016, Mikrokontroler ATmega 16, Politeknik Sriwijaya.

S Anggie Intan, 2016, Speaker, Politeknik Sriwijaya.

Sri Wahyuni, 2015, Pengertian Mikrokontroller, Politeknik Sriwijaya.

Suwarno dan Hotimah Wahyudin, Sains IPA Untuk SD.

Suherman, S., & Khairul, K. (2018). Seleksi Pegawai Kontrak Menjadi Pegawai Tetap Dengan Metode Profile Matching. IT Journal Research and Development, 2(2), 68-77.

Sulistianingsih, I., Suherman, S., & Pane, E. (2019). Aplikasi Peringatan Dini Cuaca Menggunakan Running Text Berbasis Android. *IT Journal Research and Development*, 3(2), 76-83.

Tasril, V., & Putri, R. E. (2019). Perancangan Media Pembelajaran Interaktif Biologi Materi Sistem Pencernaan Makanan Manusia Berbasis Macromedia Flash. *Jurnal Ilmiah Core IT: Community Research Information Technology*, 7(1).

Teknik Elektronika, Pengertian Speaker dan Prinsip kerjanya, [online], <https://teknikelektronika.com/fungsi-pengertian-speaker-prinsip-kerja-speaker/>, diakses tanggal 2 Maret 2019

Teknik Elektronika, Power Amplifier, [online], <http://teknikelektronika/power-amplifier>, [online], diakses tanggal 28 Juli 2019

TP Handayani, 2015, Pengertian Switch, Politeknik Sriwijaya

TP Handayani, 2015, Saklar Toggle, Politeknik Sriwijaya

Utomo, R. B. (2019). Aplikasi Pembelajaran Manasik Haji dan Umroh berbasis Multimedia dengan Metode User Centered Design (UCD). *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 3(1), 68-79.