

*Skripsi*

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *SOUND ENERGY HARVESTING*  
BERBASIS PIEZOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN KEBISINGAN  
(LOKASI: AIR TERJUN TAKAPALA MALINO)**

**NUR ARIEF  
H211 16 019**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

*Skripsi*

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *SOUND ENERGY HARVESTING*  
BERBASIS PIEZOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN KEBISINGAN  
(LOKASI: AIR TERJUN TAKAPALA MALINO)**

**Disusun dan Diajukan Oleh**

**NUR ARIEF  
H211 16 019**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN *SOUND ENERGY HARVESTING* BERBASIS  
PIEZOELEKTRIK DENGAN MEMANFAATKAN  
KEBISINGAN ( LOKASI: AIR TERJUN TAKAPALA MALINO )

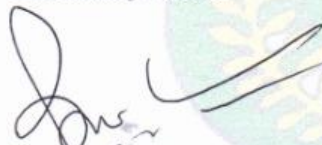
Disusun dan Diajukan oleh

**NUR ARIEF**  
**H211 16 019**

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 23 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Pertama



**Prof. Dr. Bualkar Abdullah., M.Eng.Sc.**  
NIP. 19550105 197802 1 001

Pembimbing Utama



**Dr. Ir. Bidayatul Arminah, M.T**  
NIP. 19630830 198903 2 001

Ketua Departemen



**Prof. Dr. Arifin, M.T**  
NIP. 19670520 199403 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Nur Arief  
NIM : H21116019  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Perancangan dan Pembuatan *Sound Energy Harvesting* Berbasis Piezoelektrik dengan Memanfaatkan Kebisingan ( Lokasi: Air Terjun Takapala Malino)

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 16 Agustus 2021

Yang menyatakan



Nur Arief

## ABSTRAK

*Energy harvesting* merupakan proses menangkap dan mengonversi energi yang berasal dari energi bunyi, energi potensial dan energi kinetik menjadi energi listrik. *Sound energy harvesting* merupakan proses dimana sumber energi yang berasal dari getaran dikonversi menjadi energi listrik. Salah satu jenis konverter aktif yang berfungsi membangkitkan gaya gerak listrik ketika mengalami gaya dari luar yaitu material piezoelektrik. Material Piezoelektrik sangat sensitif ketika diaplikasikan getaran ke suatu material piezoelektrik maka akan terjadi suatu medan listrik, fenomena ini disebut efek piezoelektrik. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem *sound energy harvesting* yang bertujuan memanfaatkan kebisingan Air Terjun Takapala Malino untuk menyalakan LED yang dirancang dari 40 piezoelektrik. Penyusunan rangkaian piezoelektrik dilakukan dengan 4 pemodelan yaitu secara rangkaian paralel, rangkaian seri, 2 rangkaian seri diparalelkan, 2 rangkaian paralel diserikan dan rangkaian yang memiliki keluaran paling tinggi yang akan digunakan. Dari hasil pemodelan rangkaian piezoelektrik didapatkan rangkaian secara paralel menghasilkan tegangan yang paling tinggi yaitu 2,31 V. Keluaran rangkaian piezoelektrik kemudian diteruskan melalui *diode bridge* yang berfungsi menyearahkan keluaran piezoelektrik yang berupa tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah yang akan ditampung sementara dalam kapasitor dan dihubungkan ke LED. Hasil pembuatan *sound energy harvesting* menghasilkan tegangan keluaran rata-rata 2,99 Volt dan arus rata-rata 2,77 Ampere dengan rata-rata kebisingan 89,11 dB serta dapat menyalakan LED yang merupakan indikator adanya energi listrik.

**Kata kunci:** Air Terjun, *Energy Harvesting*, Kebisingan, Piezoelektrik, Takapala Malino

## ABSTRACT

Energy harvesting is the process by which energy is derived from external sources gradient, sound energy, potential energy, and kinetic energy is captured and converted into electrical energy. Sound energy harvesting is the process by which the source of energy that comes from the vibration is converted into electrical energy. Piezoelectric Material is one kind of the converter is active, which serves to awaken the electromotive force when it gets the style from outside. Piezoelectric Material is very sensitive when applied to the vibration of a piezoelectric material, then there will be an electric field, this phenomenon is called the piezoelectric effect. In this study created a system of sound energy harvesting, which aims to exploit the noise of the Waterfall Takapala Malino to turn on the LED that is designed from 40 of the piezoelectric. The preparation of a series of piezoelectric done with 4 modeling is in a parallel circuit, series circuit, 2 series circuit parallel, 2 series in parallel diserikan and the circuit that has output the most high will be used. From the results of the modeling circuit piezoelectric obtained the circuit in parallel produces a voltage that most high that is 2,31 V. The output circuit of the piezoelectric then passed through a diode bridge that serves to rectify the output of the piezoelectric in the form of alternating voltage into direct voltage to be accommodated while in the capacitor is then connected to the LED. The results of the manufacture of sound energy harvesting to get the output power of the average of 7.14 mW with the average noise 89,11 dB and can turn on the LED which is an indicator of the presence of electrical energy.

**Keywords:** Waterfall, Energy Harvesting, Noise, Palezoelektrisitas, Takapala Malino

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “**Perancangan dan Pembuatan *Sound Energy Harvesting* Berbasis Piezoelektrik dengan Memanfaatkan Kebisingan (Lokasi: Air Terjun Takapala Malino)**”. Berbagai upaya telah dilakukan penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelas sarjana strata satu.

Dalam penyelesaian skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan dan menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini terjadi karena kelemahan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun atas kehendaknya hambatan tersebut berhasil dilalui oleh penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Orang tua tercinta **Ayahanda Arfah** dan **Ibunda Tersayang Nurhaedah**, Kakak terbaik **Muh. Ridho Akbar S.E**, dan Adik terbaik **Sri Wahdania** yang tidak pernah memutuskan doanya untuk sang penulis, yang mengingatkan penulis ketika lalai dari agama, yang selalu mendukung dari kejauhan serta dukungan moral maupun material. Semoga Allah selalu menjaga kalian, Aamiin.

Penulis ucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Ibu **Dr. Bidayatul Arminah, MT** selaku Penasehat Akademik dan pembimbing utama dan Bapak **Prof. Dr. Bualkar Abdullah., M.Eng.sc** selaku pembimbing pertama yang telah banyak membantu dan bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan memotivasi penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak **Prof. Dr. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen Fisika FMIPA UNHAS dan Ketua Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi dan Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc** selaku tim penguji yang telah memberikan saran, kritik, masukan yang bersifat membangun kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Eng Amiruddin, S.Si., M.Si** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pemgetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
4. Seluruh dosen Departemen Fisika, Staf FMIPA UNHAS, Staf Departemen Fisika, Staf Laboratorium, serta Staf Perpustakaan FMIPA UNHAS atas semua

ilmu yang telah diajarkan dan pelayanan yang telah diberikan, serta bantuannya kepada penulis.

5. Seluruh **Guru-guru** dan Teman-teman saat **TK, SD, SMP**, hingga **SMA** atas ilmunya, perhatian dan pengalaman yang telah diberikan selama sekolah.
6. Teman-teman **TUGOFTREE** di SMAN 1 TAKALAR yang setiap harinya memberikan kesan yang luar biasa baik di sekolah maupun di luar sekolah yang tidak akan terlupakan.
7. Teman-teman **HIMAFI 16** di kampus yang telah senang hati menjadi sodara, sebagai tempat bertukar pikiran, menjadi pengurus himpunan dan wadah berbagi suka maupun duka selama kuliah (**MELANGKAH BERSAMA SEMANGAT**).
8. Teman-teman **KMF MIPA UNHAS 16** yang sampai sekarang masih tetap kebersamai dalam kegiatan kemahasiswaan terkhusus **PEJANTAN MIPA 16** yang tidak berhenti memberikan kisah menarik, tetaplah “**SEPERTI SEHARUSNYA**”.
9. Kakak-kakak dan Adik-adik **KPA OMEGA HIMAFI UH**. Terima kasih atas semua ilmu, kebersamaan pengalaman yang mengajarkan bagaimana arti manusia dengan alam semesta dan cara menikmati ciptaan tuhan dari sudut pandang yang berbeda. **SALAM LESTARI !**
10. Kakak-kakak dan Adik-adik **HIMAFI FMIPA UNHAS**. Terima kasih atas ilmunya, kekeluargaan dan kepercayaan selama berorganisasi, **TETAPLAH MEMBIRU, “JAYALAH HIMAFI FISIKA NAN JAYA”**.
11. Kakak-kakak **BANGKU PELOSOK** yang selalu menerima segala keluh kesah penulis, mengajarkan arti menjadi relawan dan mensyukuri apa yang dimiliki sekarang. **BERGERAK DAN TERUS BERJUANG**.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya, terutama berkaitan dengan Mikrokontroler. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan dan diberikan balasan. Amin.



Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. Mengingat keterbatasan penulis sebagai manusia biasa, kritik dan saran akan sangat membantu untuk mengembangkan kemampuan penulis dalam menyusun penelitian lainnya dikemudian hari.

***Wassalumu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

Makassar, 16 Agustus 2021

penulis

## DAFTAR ISI

<b>SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Bunyi .....	4
2.2 Materi Piezoelektrik .....	5
2.3 Rangkaian Penyearah .....	7
2.4 Kapasitor .....	9
2.5 <i>Light Emitting Diode (LED)</i> .....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	14
3.2 Perancangan Alat.....	14
3.3 Proses Penguji Rangkaian .....	16
3.4 Pengamatan .....	17

3.5 Diagram Alir Penelitian.....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>
4.1 Perancangan sistem <i>sound energy harvesting</i> .....	19
4.2 Pembuatan sistem <i>sound energy harvesting</i> .....	19
4.3 Pengujian Pemodelan Rangkaian Piezoelektrik.....	19
4.4 Pengukuran Kebisingan Air Terjun.....	20
4.5 Pengukuran Keluaran Rangkaian Piezoelektrik.....	27
4.6 Pengukuran Keluaran Rangkaian Penyearah.....	26
4.7 Pengukuran Tegangan pada Kapasitor.....	30
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Polarisasi pada piezoelektrik .....	5
Gambar 2.2	Piezoelektrik timbal-zirkonat-titanat .....	7
Gambar 2.3	Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian seri.....	7
Gambar 2.4	Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian paralel.....	8
Gambar 2.5	<i>Diode bridge</i> .....	9
Gambar 2.6	Rangkaian penyearah jembatan .....	10
Gambar 2.7	Kapasitor elektrolit .....	10
Gambar 2.8	<i>Light emitting diode</i> .....	12
Gambar 2.9	Cara kerja <i>Light emitting diode</i> .....	13
Gambar 3.1	Rangkaian <i>sound energy harvesting</i> berbasis piezoelektrik .....	15
Gambar 3.2.1	Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian seri.....	16
Gambar 3.2.2	Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian paralel .....	16
Gambar 3.2.3	Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian seri diparalelkan .....	16
Gambar 3.2.4	Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian paralel diserikan .....	16
Gambar 3.3	Diagram alir proses pengujian rangkaian <i>sound energy harvesting</i> berbasis piezoelektri.....	17
Gambar 3.4	Diagram alir penelitian .....	18
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara waktu dengan kebisingan air terjun.....	21
Gambar 4.2.1	Grafik hubungan antara kebisingan dengan keluaran piezoelektrik pada tanggal 27 April 2021.....	23
Gambar 4.2.2	Grafik hubungan antara kebisingan dengan keluaran piezoelektrik pada tanggal 4 Mei 2021.....	24
Gambar 4.2.3	Grafik hubungan antara kebisingan dengan keluaran piezoelektrik pada tanggal 5 Mei 2021.....	26
Gambar 4.3.1	Grafik hubungan antara waktu dengan keluaran penyearah pada tanggal 27 April 2021.....	27

Gambar 4.3.2	Grafik hubungan antara waktu dengan tegangan, arus dan daya 4 Mei 2021 .....	29
Gambar 4.3.3	Grafik hubungan antara waktu dengan tegangan, arus dan daya pada tanggal 5 Mei 2021.....	30
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara waktu dengan tegangan kapasitor .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Warna <i>LED</i> berdasarkan tegangan maju .....	13
Tabel 4.1	Pemodelan rangkaian piezoelektrik .....	20
Tabel 4.2	Kebisingan air terjun pada <i>sound level meter</i> .....	21
Tabel 4.3.1	Tegangan dan arus keluaran rangkaian piezoelektrik pada 27 april 2021..	22
Tabel 4.3.2	Tegangan dan arus keluaran rangkaian piezoelektrik pada 4 mei 2021.....	24
Tabel 4.3.3	Tegangan dan arus keluaran rangkaian piezoelektrik pada 5 mei 2021.....	25
Tabel 4.4.1	Tegangan dan arus keluaran rangkaian penyearah pada 27 april 2021.....	26
Tabel 4.4.2	Tegangan dan arus keluaran rangkaian penyearah pada 4 mei 2021.....	28
Tabel 4.4.3	Tegangan dan arus keluaran rangkaian penyearah pada 5 mei 2021.....	29
Tabel 4.5	Hasil pengukuran tegangan keluaran pada kapasitor .....	30

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Komponen alat dan bahan .....	35
Lampiran 2.	Dokumentasi nilai keluaran pada pemodelan rangkaian piezoelektrik.....	38
Lampiran 3.	Tabel hasil pengukuran dilokasi pada 27 April 2021.....	39
Lampiran 4.	Tabel hasil pengukuran dilokasi pada 4 Mei 2021.....	40
Lampiran 5.	Tabel hasil pengukuran dilokasi pada 5 Mei 2021.....	41
Lampiran 6.	Dokumentasi nilai kebisingan air terjun pada 27 April 2021.....	42
Lampiran 7.	Dokumentasi nilai kebisingan air terjun pada 4 Mei 2021.....	43
Lampiran 8.	Dokumentasi nilai kebisingan air terjun pada 5 Mei 2021.....	44
Lampiran 9.	Dokumentasi nilai keluaran rangkaian piezoelektrik dan rangkaian penyearah pada 27 April 2021.....	45
Lampiran 10.	Dokumentasi nilai keluaran rangkaian piezoelektrik dan rangkaian penyearah pada 4 Mei 2021.....	46
Lampiran 11.	Dokumentasi nilai keluaran rangkaian piezoelektrik dan rangkaian penyearah pada 5 Mei 2021.....	47
Lampiran 12.	Dokumentasi nilai keluaran kapasitor pada 27 April 2021.....	48
Lampiran 13.	Dokumentasi nilai keluaran kapasitor pada 4 Mei 2021.....	49
Lampiran 14.	Dokumentasi nilai keluaran kapasitor pada 5 Mei 2021.....	50
Lampiran 15.	Perhitungan daya keluaran rangkaian piezoelektrik pada 27 April 2021.....	51
Lampiran 16.	Perhitungan energi keluaran rangkaian piezoelektrik pada 27 April 2021.....	52
Lampiran 17.	Perhitungan daya keluaran rangkaian piezoelektrik pada 4 Mei 2021...	53
Lampiran 18.	Perhitungan energi keluaran rangkaian piezoelektrik pada 4 Mei 2021..	54
Lampiran 19.	Perhitungan daya keluaran rangkaian piezoelektrik pada 5 Mei 2021...	55
Lampiran 20.	Perhitungan energi keluaran rangkaian piezoelektrik pada 5 Mei 2021..	56
Lampiran 21.	Perhitungan daya keluaran rangkaian penyearah pada 27 April 2021.....	57

Lampiran 22. Perhitungan energi keluaran rangkaian penyearah pada 27 April 2021..	58
Lampiran 23. Perhitungan daya keluaran rangkaian penyearah pada 4 Mei 2021.....	59
Lampiran 24. Perhitungan energi keluaran rangkaian penyearah pada 4 Mei 2021.....	60
Lampiran 25. Perhitungan daya keluaran rangkaian penyearah pada 5 Mei 2021.....	62
Lampiran 26. Perhitungan energi keluaran rangkaian penyearah pada 5 Mei 2021.....	63



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Energi merupakan bagian dari kehidupan manusia yang tidak dapat dipisahkan dan merupakan sesuatu yang kekal. Mengacu pada hukum kekekalan energi dan hukum pertama termodinamika yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat berubah dari satu bentuk energi menjadi bentuk energi lainnya. Berdasarkan data dari *Statistical Review of World Energy*, Indonesia menempati posisi ke-20 pada tingkat konsumsi energi dunia dengan total konsumsi sebesar 1,1% dari total energi dunia. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dalam pengelolaan energi nasional, Indonesia harus mengimpor minyak mentah sebesar 487 ribu barel/hari sedangkan produksi minyak sebesar 213 ribu barel/hari. Hal ini melebihi minyak mentah yang harus diekspor sebesar 514 ribu barel/hari [1].

Bentuk kekurangan energi yang terjadi salah satunya yaitu kekurangan energi listrik yang dapat mengganggu aktivitas manusia, oleh sebab itu ketersediaan energi listrik harus di pertahankan. Beberapa penemuan mengenai teknologi pembangkit listrik baik berdasarkan bahan bakar fosil maupun bahan bakar energi terbarukan seperti PLTU, PLTS, PLTG, PLTA serta material energi lainnya. Pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar saat ini sudah tidak ekonomis lagi dikarenakan ketersediaan bahan bakar yang semakin menipis disertai harga bahan bakar yang cenderung meningkat serta transportasi yang jauh ketempat pembangkitan, sehingga dibutuhkan energi alternatif lain sebagai pembangkit listrik [2].

Alternatif dari keterbatasan energi fosil, manusia mencoba untuk menciptakan beberapa alat pemanen energi (*energy harvesting*). Proses menangkap dan mengonversi energi yang berasal dari energi eksternal gradien, energi bunyi, energi potensial, energi kinetik menjadi energi listrik disebut *energi harvesting*. Salah satu media konversi *energy harvesting* yang dikembangkan saat ini adalah material piezoelektrik sebagai alternatif dari keterbatasan energi fosil [2]. Piezoelektrik merupakan salah satu jenis konverter aktif dengan prinsip kerja pembangkitan gaya gerak listrik bahan kristal piezoelektrik ketika menerima

inputan berupa suara, getaran dan percepatan. Sebagian besar sumber listrik piezoelektrik menghasilkan daya pada ukuran miliwatt. Daya dalam ukuran miliwatt hanya cukup digunakan untuk perangkat genggam seperti jam tangan otomatis karena ukurannya terlalu kecil untuk sebuah aplikasi sistem. Namun masih memerlukan daya dan voltase yang lebih besar lagi [3].

Penelitian mengenai pemanfaatan material piezoelektrik telah dilakukan sebelumnya oleh Ikhsan (2019) tentang studi eksperimental penggunaan *loudspeaker* sebagai pengkonversi energi bunyi menjadi listrik dalam alat pemanen energi akustik [4]. Penelitian Eddy dkk. (2018) tentang pengujian sistem konversi energi suara menjadi energi listrik menggunakan piezoelektrik [5]. Liew dkk. (2017) mengeksplorasi piezoelektrik untuk gelombang suara sebagai pemanen energi [6]. Penelitian Ramli dan Irfan (2017) mengenai perancangan *sound energy harvesting* berbasis material piezoelektrik namun tidak hanya mengukur kebisingan tapi tekanan langkah kaki pada trotoar di sepanjang ruas pantai Losari [3]. Beberapa penelitian di atas menunjukkan piezoelektrik dapat menjadi alternatif mendapat energi listrik dari beberapa kejadian atau kondisi alam yang berkaitan dengan suara, getaran, tekanan dan percepatan. Namun penelitian tersebut penerapannya masih terbatas untuk daerah perkotaan atau daerah yang disuplai energi listrik utamanya dari PLN. Sedangkan untuk daerah terpencil sistem pemanenan energi penting dalam menyelesaikan permasalahan perangkat elektronik yang memakai baterai dalam memperpanjang masa hidup perangkat elektronik tersebut. Karena siklus hidup baterai terbatas dan lokasi terpencil dari sejumlah besar sensor, maka diperlukan biaya perawatan yang lebih tinggi dan pengoperasian normalnya akan terputus setiap kali pasokan baterai habis [4]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menjadikan hasil pemanenan energi listrik dari piezoelektrik sebagai sumber utama kelistrikan di daerah yang tidak terjangkau energi listrik dari PLN. Pada penelitian ini pemanfaatan piezoelektrik akan diterapkan di daerah dataran tinggi yang terdapat air terjun yang bisa dijadikan sumber bunyi tepatnya di air terjun Takapala Malino. Sehingga pada penelitian ini akan dibuat rancangan bangun mekanisme *sound energy harvesting* berbasis piezoelektrik yang akan di aplikasikan di sekitar Air Terjun Takapala Malino.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membuat *sound energy harvesting* berbasis piezoelektrik?.
2. Bagaimana memanfaatkan kebisingan air terjun Takapala Malino yang berdampak terhadap lampu LED sebagai bentuk energi listrik keluaran dari piezoelektrik?.

## **I.3 Tujuan Penelitian**

1. Merancang dan membuat bangun *sound energy harvesting* berbasis piezoelektrik.
2. Memanfaatkan kebisingan air terjun Takapala Malino menjadi sumber energi listrik pada perangkat elektronik dengan menggunakan *sound energy harvesting* berbasis piezoelektrik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Bunyi**

Gelombang suara akustik adalah gelombang mekanis yang memiliki energi dan dapat dihasilkan oleh banyak sumber kebisingan. Kebisingan merupakan gelombang suara yang tidak diinginkan. Sumber kebisingan yang umum termasuk pesawat terbang, kendaraan, kereta api berkecepatan tinggi, pembangkit listrik, pengeras suara, mesin, dan jalan tol. Kehidupan di dunia yang bising, energi akustik merupakan sumber energi lingkungan yang sangat diperlukan. Tingkat suara lingkungan bisa lebih tinggi dari 100 dB, dan kebisingan frekuensi rendah dominan dalam spektrum frekuensi [5].

Getaran yang berasal dari sumber bunyi memancarkan gelombang longitudinal ke segala arah melalui medium cair dan padat. Salah satu bentuk energi yang tersedia secara luas yaitu kebisingan. Suara merupakan gelombang mekanik yang dihasilkan dari osilasi tekanan melalui beberapa medium. Suara yang dapat didengar oleh indra pendengaran manusia memiliki frekuensi dari 20 Hz sampai 20.000 Hz. Di udara pada suhu dan tekanan standar, panjang gelombang suara dari 17 mm-17 m [6].

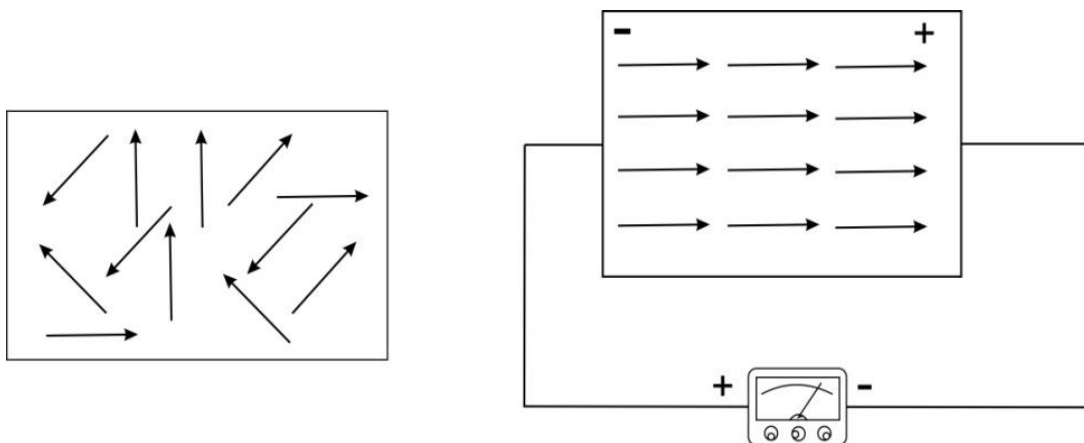
Infrasonik adalah suara yang sangat lemah karena jumlah getaran yang dihasilkan pada gelombang infrasonik kurang dari 20 Hz. Audiosonik adalah jenis suara yang dapat didengar oleh manusia. Gelombang Ultrasonik adalah gelombang dengan jumlah getaran suara lebih dari 20.000 Hz [6]. Kebisingan atau intensitas suara yang dihasilkan merupakan energi yang harus dimanfaatkan. Hal ini mendorong manusia untuk memanfaatkan kebisingan menjadi sumber energi dengan cara mengonversi kedalam bentuk energi lainnya. Hasil dalam percobaan konversi energi suara menjadi energi listrik hanya menghasilkan energi listrik dalam ukuran yang sangat kecil. Sebagai perbandingan, 100 dB sumber bunyi hanya menghasilkan 40 miliwatt energi listrik [2].

Beberapa desainer seperti Jihoon Kim, Boyeon Kim dan Da-Woon chun telah menemukan ide mengubah energi suara menjadi sebuah energi yang terbarukan. Inovasi tersebut adalah sebuah perangkat yang mengumpulkan energi

suara dengan cara menyerapnya. Perangkat ini memiliki kapasitas daya sekitar 30 watt sebagai energi bersih yang jauh dari suara desibel. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sebuah inovasi terbaru dalam membuat sumber energi listrik alternatif yang kemudian dapat dimanfaatkan dalam kehidupan manusia sehari-hari baik dalam bentuk padat, cair maupun gas [3].

## II.2 Material Piezoelektrik

Piezoelektrik adalah fenomena yang ditemukan oleh Curie bersaudara pada tahun 1880 dimana dihasilkan listrik dari kristal yang mendapat tekanan mekanis. Kata *piezo* sendiri merupakan bahasa Yunani yang berarti tekanan. Efek piezoelektrik dihasilkan dari interaksi elektromekanik linear antara bagian mekanik dan listrik yang ada di dalam kristal [7]. Bahan piezoelektrik ketika belum terpolarisasi karena tidak ada tekanan yang diberikan (Gambar 2.1.a). Sedangkan (Gambar 2.1.b) merupakan piezoelektrik yang mengalami polarisasi dan menghasilkan listrik setelah piezoelektrik mengalami tekanan. [8].



Gambar 2.1 (a) Belum terpolarisasi (b) Terpolarisasi

Material piezoelektrik merupakan material yang terbuat dari germanium atau silikon yang mampu menghasilkan energi listrik ketika mengalami defleksi. Sebaliknya, saat diberi tegangan akan terdefleksi. Bahan piezoelektrik alami diantaranya yaitu Kuarsa (Quartz,  $\text{SiO}_2$ ), *Berlinite*, Turmalin, Garam *Rossel Berlinite* ( $\text{AlPO}_4$ ), Gula tebu dan *Enamel*. Bahan piezoelektrik buatan diantaranya yaitu Barium titanat ( $\text{BaTiO}_3$ ), *Lead Zirconium Titanate* (PZT), *Lead Titanate*

(PbTiO<sub>3</sub>), *Polyvinilidene Difluoride* (PVDF), *Gallium Ortofosfat* (GaPO<sub>4</sub>) dan *Langasite* (La<sub>3</sub>Ga<sub>5</sub>SiO<sub>14</sub>) dan lainnya [4]. Material piezoelektrik ketika mengalami tekanan atau getaran melalui perantara seperti kantilever akan mengalami defleksi. Pemberian tekanan secara langsung akan menghasilkan tegangan piezoelektrik yang sebanding dengan besar gaya tekan akan tetapi piezoelektrik rentan mengalami kerusakan [6]. Piezoelektrisitas merupakan fenomena yang terjadi pada material piezoelektrik ketika mendapat gaya atau tekanan akan menimbulkan muatan listrik dipermukaan piezoelektriknya. Sumber fenomena ini adalah adanya distribusi muatan listrik pada sel-sel kristal. Piezoelektrik memiliki nilai koefisien muatan pada interval 1-100 pico columb/Newton. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk perangkat elektronik dengan tegangan atau arus yang rendah. Sedangkan untuk daya keluaran pada piezoelektrik dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1[7].

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

Keterangan: P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat arus (Ampere)

Material piezoelektrik sangat sensitif terhadap adanya tekanan atau getaran dan medan listrik. Efek piezoelektrik menjelaskan tentang material piezoelektrik yang menimbulkan medan listrik ketika mengalami getaran. Efek piezoelektrik menjelaskan hubungan antara tegangan listrik dengan getaran atau tekanan pada benda padat. Efek piezoelektrik tersebut bersifat *reversible* yaitu dapat langsung menghasilkan efek piezoelektrik dan hasil membalikkan efek piezoelektrik yang menghasilkan getaran atau regangan mekanik jika diaplikasikan beda potensial listrik [3].

Dari efek piezoelektrik tersebut yang menimbulkan suatu medan listrik dari hasil getaran, hal tersebut dapat dimanfaatkan untuk menampung sebuah energi listrik dalam sebuah wadah baik itu kapasitor yang berfungsi menampung muatan tersebut sementara waktu maupun dengan akumulator yang dapat menyimpan energi dalam waktu yang lama. Energi keluaran piezoelektrik dapat hitung dengan menggunakan Persamaan 2.2[9].

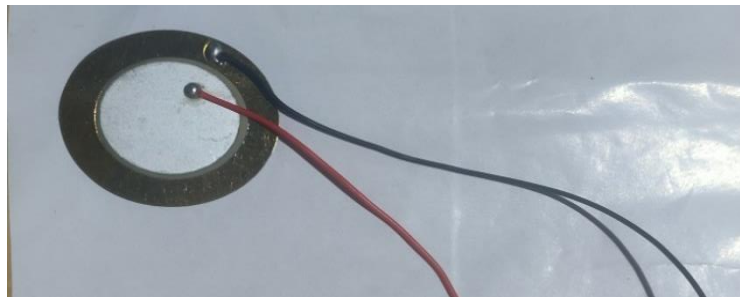
$$W = V \times I \times t \quad (2.2)$$

Keterangan: W = Energi piezoelektrik (Joule)

I = Kuat arus (Ampere)

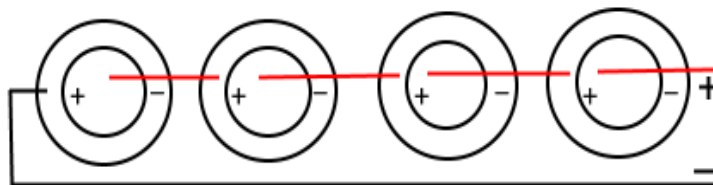
t = Waktu (Sekon)

Sensor ini dirancang dengan bahan PZT (timbal-zirkonat-titanat) (Gambar 2.2). PZT dipilih karena daya keluarannya yang tinggi sekitar 65–90% dari nilai frekuensi nominal pada 19–24% di bawah frekuensi resonansi yang dibongkar dan menghasilkan tegangan 1,5V–3V dan PZT digunakan dalam aplikasi di mana tekanan mekanik harus dikonversi menjadi energi listrik sedangkan PVDF (*Polyvinylidene Fluoride*) lebih baik untuk aplikasi sensor listrik [9].



Gambar 2.2 Piezoelektrik timbal-zirkonat-titanat

Besar keluaran dari piezoelektrik dipengaruhi oleh jumlah dan model penyusunannya baik secara seri maupun paralel. Penyusunan piezoelektrik secara seri dengan cara menghubungkan kutub positif piezoelektrik pertama dengan kutub negatif piezoelektrik kedua, kutub positif piezoelektrik kedua dihubungkan dengan kutub negatif piezoelektrik ketiga, dan seterusnya dapat dilihat seperti pada Gambar 2.3 [10].



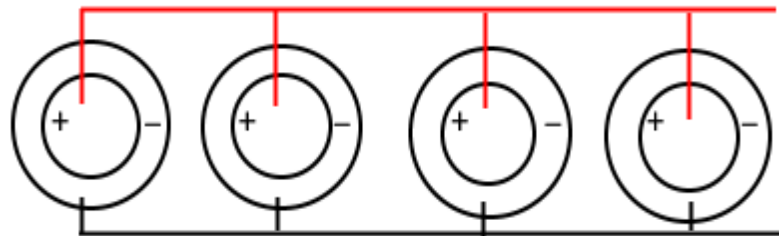
Gambar 2.3 Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian seri

Pada Gambar 2.3 rangkaian seri dapat dijelaskan bahwa jumlah total daya yang masuk suatu titik cabang sama dengan jumlah daya yang keluar tiap titik cabang tersebut dan tegangan totalnya sama dengan tegangan yang keluar disetiap titik piezoelektrik sehingga didapat Persamaan (2.3) dan Persamaan (2.4) sebagai berikut :

$$E_{total} = E_1 = E_2 = E_3 = E_4 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 \dots\dots\dots (2.4)$$

Penyusunan piezoelektrik secara paralel dilakukan dengan cara menghubungkan semua kutub positif piezoelektrik menjadi satu, dan menghubungkan semua kutub-kutub negatif piezoelektrik menjadi satu dapat dilihat pada Gambar 2.4 [11].



Gambar 2.4 Rangkaian piezoelektrik secara rangkaian paralel

Pada Gambar 2.4 dapat dijelaskan bahwa rangkaian piezoelektrik secara paralel jumlah total daya yang masuk suatu titik cabang adalah penjumlahan daya yang keluar tiap titik cabang dan tegangan total yang masuk titik cabang adalah penjumlahan yang keluar tiap titik cabang tersebut sehingga didapat Persamaan (2.5) dan Persamaan (2.6) sebagai berikut [11]:

$$E_{total} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \dots\dots\dots (2.6)$$

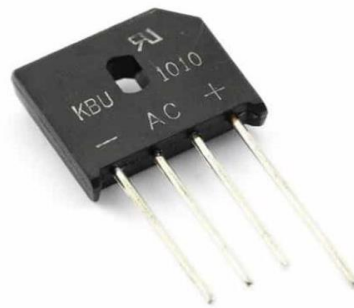
### II.3 Rangkaian Penyearah

Banyak dari peralatan elektronika kecil menggunakan sumber tegangan baterai sebagai sumber dayanya, namun banyak juga peralatan yang menggunakan



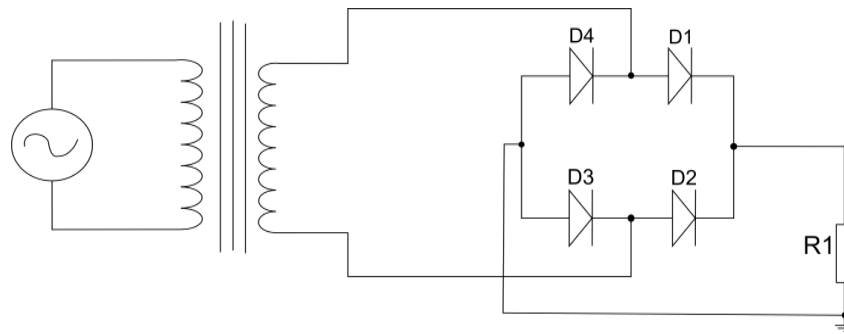
sumber daya AC 220 volt dengan frekuensi 50 Hz. Didalam peralatan elektronik sering ditemukan adaptor atau penyearah yang berfungsi mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah. Bagian terpenting dari adaptor adalah berfungsinya dioda sebagai penyearah, ada dua jenis penyearah menggunakan dioda yaitu penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh [12].

Tegangan keluaran dari material piezoelektrik yang berupa rangkaian sinyal impuls tidak dapat dimanfaatkan secara langsung, sehingga dibutuhkan suatu rangkaian penyearah dalam hal ini digunakan dioda 4 buah disusun secara seri yang berfungsi mengkonversi suatu tegangan AC menjadi tegangan DC yang lebih rendah yang memiliki tegangan dan arus tertentu. Penyusunan 4 buah dioda kini sudah diganti dengan *diode bridge* yang secara fungsi sama namun lebih mudah dalam penggunaannya [7].



Gambar 2.3. *Diode bridge*

Pemasangan rangkaian penyearah setelah rangkaian piezoelektrik bertujuan untuk mengubah gelombang sinusoidal dari rangkaian piezoelektrik menjadi sinyal tegangan DC. Dalam rangkaian penyearah gelombang penuh untuk setiap siklus tegangan AC hanya 2 dioda yang meneruskan arus, sedangkan 2 dioda lainnya bersifat isolator [10]. Prinsip dasar rangkaian penyearah ketika mendapat sinyal positif dari tegangan AC, maka D1 akan mengalirkan arus menuju beban dan kembali melalui D3. Sedangkan saat bersamaan juga, D2 dan D4 mengalami *reverse* bias sehingga tidak ada arus yang mengalir. Ketika mendapat sinyal negatif, arus hanya mengalir melalui D2 menuju beban dan kembali melalui D4. Sedangkan D1 dan D 3 mengalami *reverse* bias tidak ada arus yang mengalir. Rangkaian penyearah dapat kita lihat pada Gambar 2.4 [10].

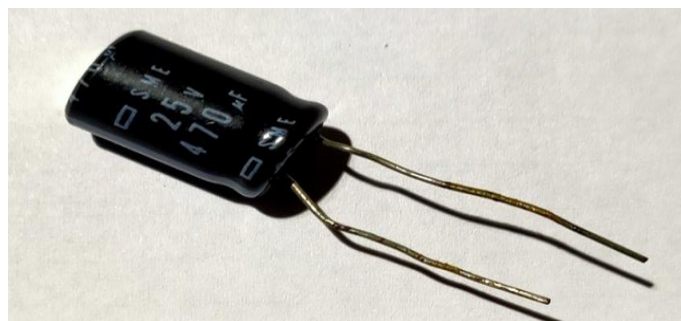


Gambar 2.4. Rangkaian penyearah jembatan

## II.4 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen yang banyak digunakan untuk membentuk rangkaian elektronika selain resistor dan komponen-komponen lainnya. Jika kapasitor mengalami kerusakan (*short* atau *open*) atau kapasitansinya jauh berubah, maka rangkaian yang menggunakan kapasitor tersebut tidak akan berfungsi dengan baik. Sering kali kapasitor sedikit bocor sehingga tidak lagi dapat menyimpan muatan listrik dengan baik jika agak sulit diuji menggunakan multimeter. Selain itu, kapasitor yang berkapasitansi ( $< 0,1 \mu\text{F}$ ) tidak mudah diuji dengan ohm meter [14].

Kapasitor dapat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan nilai dan bahan isolatornya yaitu kapasitor nilai tetap dan kapasitor variabel. Kapasitor nilai tetap adalah kapasitor yang nilainya konstan atau tidak berubah-ubah, salah satu contoh kapasitor nilai tetap yaitu kapasitor elektrolit (ELCO) yang merupakan kapasitor yang bahan isolatornya terbuat dari elektrolit dan berbentuk tabung (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. Kapasitor elektrolit

ELCO ini sering dipakai pada rangkaian elektronika yang memerlukan kapasitansi yang tinggi. ELCO yang memiliki polaritas arah positif (+) dan negatif (-) ini menggunakan bahan aluminium sebagai pembungkus dan sekaligus sebagai terminal negatifnya. Pada umumnya nilai ELCO berkisar dari  $0,47 \mu\text{F}$  hingga

ribuan  $\mu\text{F}$ . Biasanya dibadan ELCO akan tertera nilai kapasitansi, tegangan dan terminal negatifnya. ELCO dapat meledak jika pemasangannya terbalik dan melampaui batas kemampuan tegangan [14].

Penyusunan kapasitor dapat dilakukan secara paralel dengan saluran distribusi. Kapasitor *shunt* dapat mengirim daya reaktif arus reaktif untuk menanggulangi sebgaiian besar komponen reaktif yang dibutuhkan oleh beban induktif yang disebut kapasitor *shunt* sedangkan kapasitor seri adalah kapasitor dihubungkan secara seri dengan impedansi yang berkaitan, pemakaiannya sangat dibatasi pada saluran distribusi karena peralatan keamanannya cukup rumit. Hal dapat disimpulkan bahwa biaya pemasangan kapasitor seri lebih mahal ketimbang biaya pemasangan kapasitor paralel. Desain kapasitor seri biasanya lebih besar dayanya dari pada kapasitor paralel, guna mengatasi perkembangan beban kelak di kemudian hari. Kapasitor seri mengkompensif reaktif induktif. Hal ini dapat dinyatakan kapasitor seri merupakan reaktansi negatif yang dihubungkan seri dengan reaktansi positif yang memungkinkan dapat mengkompensir sebagian ataupun seluruhnya. Oleh sebab itu, kapasitor seri berfungsi mempertahankan tegangan agar nilainya tidak jatuh yang disebabkan oleh reaktansi induktif dari sirkuit. Kapasitor seri juga dapat digunakan untuk memperbaiki faktor daya dan peningkat tegangan. Untuk memperbesar energi yang terkumpul dalam kapasitor dapat dilakukan penambahan kapasitor yang sama namun disusun secara paralel. Besar energi yang tersimpan dalam sebuah kapasitor dapat dihitung dengan Persamaan 2.3[15].

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \quad (2.3)$$

Keterangan: U = Energi kapasitor (Joule)

V = Tegangan (Volt)

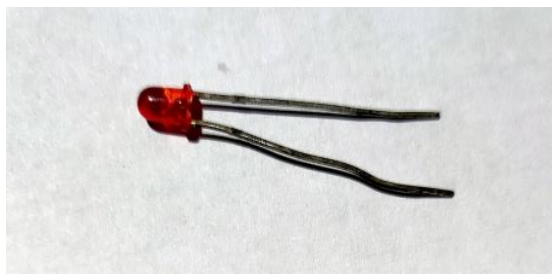
C = Kapasitansi (Farad)

## II.5 *Light Emitting Diode*

*LED* merupakan jenis dioda yang hanya bisa dialiri arus listrik satu arah saja dan dapat memancarkan cahaya ketika mendapat arus maju. *LED* pada umumnya digunakan sebagai indikator visual karena tanggapannya yang cepat

dan efisiensinya tinggi dibanding lampu pijar. Konversi energi *LED* adalah 10 sampai 50 kali lebih tinggi dan tanggapannya 100 sampai 1000 kali lebih cepat [8]. *LED* ketika diberikan tegangan listrik dengan konfigurasi bias maju akan memancarkan cahaya. *LED* hanya dapat dialiri arus dibawah 20 mA, ketika arus lebih dari 20 mA maka *LED* tersebut akan rusak. Kemampuan *LED* dalam mengalirkan arus cukup rendah yaitu maksimal 20 mA. *LED* ketika diberikan tegangan listrik dengan konfigurasi bias maju akan memancarkan cahaya. *LED* hanya dapat dialiri arus dibawah 20 mA, ketika arus lebih dari 20 mA maka *LED* tersebut akan rusak. Kebanyakan *LED* memiliki batas tegangan maksimum antara 3-5 V [16].

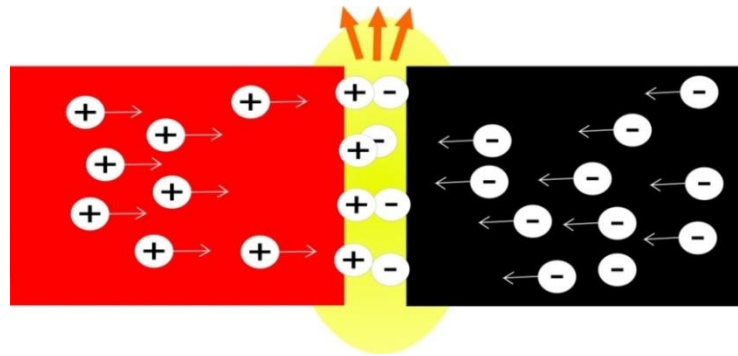
*LED* seperti yang diketahui sebelumnya merupakan keluarga dari dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. *LED* memiliki 2 buah kaki sama dengan dioda yaitu kaki anoda dan kaki katoda seperti yang terlihat pada Gambar 2.5. Pemasangan *LED* agar dapat menyala adalah dengan memberikan tegangan bias maju yaitu dengan memberikan tegangan positif ke kaki anoda dan tegangan negatif ke kaki katoda [16].



Gambar 2.5 *Light Emitting Diode*

Adapun cara kerjanya bahwa *LED* memiliki dua kutub yaitu kutub positif (P) dan kutub negatif (N). *LED* hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri arus maju dari kutub positif ke kutub negatif. Dalam sebuah *LED* terdapat chip semikonduktor yang didoping sehingga *junction* N dan P. Doping dalam semikonduktor merupakan proses mengubah karakteristik sebuah semikonduktor yang diinginkan dengan menambahkan ketidakmurnian semikonduktor pada semikonduktor yang murni. Ketika *LED* dialiri tegangan maju yaitu anoda menuju ke katoda, kelebihan elektron pada tipe N akan berpindah ke wilayah yang kelebihan *hole* yaitu wilayah yang bermuatan positif (tipe P), saat elektron

bertemu *hole* maka akan melepaskan foton dan memancarkan cahaya monokromatik seperti yang terlihat pada Gambar 2.6 [17].



Gambar 2.6 Cara kerja *Light Emitting Diode* [17]

Cahaya pada LED adalah energi elektromagnetik yang dipancarkan dalam bagian spektrum yang dapat dilihat merupakan hasil kombinasi panjang gelombang yang berbeda dari energi yang dapat terlihat, mata bereaksi melihat pada spektrum gelombang energi elektromagnetik pada daerah antara inframerah dengan radiasi ultraviolet. Sebuah atom, elektron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Jumlah energi pada elektron ditentukan pada orbitnya. Elektron yang berpindah dari orbit dengan tingkat energi lebih tinggi ke orbit dengan tingkat energi lebih rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan ini merupakan bentuk dari foton sehingga menghasilkan cahaya. Semakin besar energi yang dilepaskan, semakin besar energi yang terkandung dalam foton [17].

Tabel 2.1 Warna *LED* berdasarkan tegangan maju ( $V_f$ ) [16]

Warna <i>LED</i>	Tegangan maju ( $V_f$ )
Infra merah	$V_f < 1,9V$
Merah	$1,63V < V_f < 2,03V$
Jingga	$2,03V < V_f < 2,10V$
Kuning	$2,10V < V_f < 2,18V$
Hijau	$1,9V < V_f < 4V$
Biru	$2,48V < V_f < 3,7V$
Ultraviolet	$3,1V < V_f < 4,4V$
Putih	$V_f = 3,5V$

Dapat dilihat seperti Tabel 2.1. Masing-masing warna *LED* memerlukan tegangan maju untuk dapat menyalakannya. Penambahan resistor pada rangkaian *LED* berfungsi untuk membatasi tegangan dan arus agar tidak merusak *LED* yang dipasang [16].

Pada penggunaan *LED* yang terkontrol lewat *integrated circuit* mikrokontroler hanya perlu menghubungkan salah satu PIN ke kaki anoda *LED* dan kaki katoda ke ground rangkaian dengan memberikan sinyal *high* (nilai 1 atau bertegangan) ke kaki anoda maka *LED* akan menyala, sebaliknya jika memberikan sinyal *low* (nilai 0) maka *LED* akan dalam keadaan tidak menyala atau mati [18].