

DAFTAR ISTILAH

SINGKATAN	ARTI
Kg	Kilo gram
SRE	Society of Renewable Energy
Dkk	Dan kawan kawan
V	Volt
mV	Milivolt
mA	Miliampere
LED	Light Emitting Diode
μ W	MikroWatt
mAh	Miliampere per hour
SI	Standar Internasional
J	Joule
kWh	Kilo Watt Hour
EH	Energy Harvesting
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
nF	Nanofarad
μ F	MikroFarad
LCD	Liquid Crystal Display
V _p	Volt Puncak
V _{pp}	Volt Peak to peak
BBM	Bahan Bakar Minyak
V _{rms}	Volt root mean square

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pertambahan jumlah populasi penduduk, pertumbuhan ekonomi dan teknologi di Indonesia sedang gencar-gencarnya. Berbagai kalangan dari anak kecil, remaja hingga orang dewasa saat ini tidak lepas dengan yang namanya penggunaan barang elektronik yang mengkonsumsi energi listrik. Hal tersebut mengakibatkan penggunaan energi listrik yang berlebihan. Sedangkan yang kita ketahui saat ini bahwa kebutuhan energi listrik yang selalu meningkat harus dapat dipenuhi, agar tidak terjadi kelangkaan energi [1].

Pembangkitan energi listrik dari sumber daya fosil yang selama ini menjadi andalan sudah harus diminimalisir agar tidak terjadi kerusakan lingkungan yang signifikan. Pemenuhan energi listrik yang ada saat ini masih menggunakan BBM atau bahan bakar fosil. Energi fosil merupakan jenis energi yang tidak dapat diperbaharui yang artinya semakin lama digunakan maka akan habis dikarenakan jumlahnya yang terbatas. Karena keadaan yang seperti itu dimulailah untuk memanfaatkan energi yang dapat diperbaharui, yang mana contoh dari energi ini adalah sinar matahari, bunyi, angin, dan getaran.

Pengembangan sumber energi terbarukan pada saat ini sudah dilakukan salah satunya dengan memanfaatkan energi angin yang mana menggerakkan sebuah kincir angin sehingga terbentuklah listrik. Hal serupa sebenarnya dapat kita lakukan di kehidupan kita sehari-hari. Pergerakan manusia dalam keseharian dapat kita manfaatkan menjadi listrik dengan memanfaatkan pengubahan energi gerak, getaran maupun tekanan pada manusia [2].

Energi mekanik dari tekanan maupun getaran langkah kaki manusia sampai saat ini masih terbuang sia-sia. Padahal tanpa kita sadari energi mekanik tersebut merupakan sebuah solusi alternatif yang tersedia sebagai penghasil energi listrik baru terbarukan. Berbeda dengan perubahan energi fosil yang mana terdapat limbah, dengan menggunakan energi terbarukan ini tidak akan merusak lingkungan sekitar (ramah lingkungan). Himbauan untuk menggunakan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan sebagai salah satu sumber energi alternatif meningkat

pesat sebagai contohnya kampus Telkom University Purwokerto mempunyai SRE yang mana berfokus kepada energi terbarukan. Energi terbarukan tersebut meliputi energi mekanik yang ada pada pergerakan manusia. Walaupun pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan energi mekanik manusia ini hanyalah berdaya rendah namun dayanya dapat dipanen untuk menyalakan barang elektronik berdaya rendah [3].

Pemanenan energi merupakan cara pengumpulan energi dari suatu sumber, dalam hal ini yaitu manusia hingga siap dipakai sesuai kebutuhan. Dalam melakukan pemanenan energi tekanan atau getaran ini menggunakan piezoelektrik[4]. Piezoelektrik merupakan suatu material yang mana dapat menciptakan atau menghasilkan listrik ketika diberikan tekanan maupun getaran, yang mana hal itu dimanfaatkan untuk mengkonversi energi mekanik dari pijakan langkah kaki manusia disaat menaiki tangga dirubah ke listrik.

Piezoelektrik dapat menjadi sebuah jawaban terhadap energi getaran dan tekanan yang selama ini terbuang sia-sia. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mowaviq dengan judul “Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik” yakni penelitian tersebut menerapkan desain sebuah lantai yang mana menggunakan material piezoelektrik sebagai pemanen listrik yang memanfaatkan tekanan pada pijakan kaki manusia. Piezoelektrik yang digunakan pada penelitian yang dilakukan dirangkai secara paralel [5].

Dengan merujuk pada pernyataan tersebut, penulis berkeinginan untuk mengembangkan suatu perangkat yang memiliki perbedaan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Mowaviq dalam hal pengimplementasian piezoelektrik dan juga sistem penyimpan energi listrik yang telah dipanen. Maka penulis membuat Rancang Bangun Prototipe Pemanen Energi Getaran pada Tangga Menggunakan Transducer Piezoelectric.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian yang disajikan dalam bagian pendahuluan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana rancang bangun prototipe pemanen energi getaran pada tangga menggunakan transduser piezoelektrik?

- 2) Bagaimana perbandingan antara massa tubuh yang berbeda terhadap tegangan dan energi yang dihasilkan?
- 3) Bagaimana frekuensi tekanan mempengaruhi tegangan dari transduser piezoelektrik?

1.3 BATASAN MASALAH

- 1) Energi yang disimpan hanya sebatas energi listrik bertegangan dan berarus rendah dalam satuan V atau mV dan mA.
- 2) Prototipe dirancang hanya sebatas sebagai pemanen energi.

1.4 TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Merancang bangun prototipe pemanen energi getaran tangga menggunakan *transducer piezoelectric*
- 2) Mengetahui perbandingan massa tubuh 55Kg sampai 75 Kg terhadap output tegangan dan energi yang dihasilkan pemanen energi.
- 3) Mengetahui frekuensi tekanan dan tegangan yang dihasilkan transduser.

1.5 MANFAAT

Harapannya, penelitian ini mampu menangani permasalahan yang ada dengan memanfaatkan energi yang tadinya terbuang secara sia-sia menjadi sebuah energi listrik yang sangat dibutuhkan oleh kita. Membuat lingkungan yang bersih dan sehat untuk ditinggali dan juga memanfaatkan energi yang tidak ada habisnya. Kemudian penelitian ini diharapkan dapat diteruskan oleh pihak yang lebih besar lagi agar dapat diimplementasikan di jalan-jalan besar seperti jalan tol ataupun pusat kota yang sangat ramai dengan masyarakat seperti tempat umum yaitu stasiun kereta api.

1.6 IDENTIFIKASI PELUANG BISNIS

Kemajuan teknologi sudah bisa dirasakan, banyak sekali alat-alat canggih yang menggunakan sebuah listrik untuk dapat dioperasikan. Listrik kedepannya akan sangat penting dan mahal. Sehingga diperlukan alternatif yaitu energi terbarukan. Dimana energi terbarukan tidak akan pernah bisa habis. Salah satunya adalah memanfaatkan energi mekanik dari manusia yang nantinya akan dirubah menjadi listrik. Tentunya hal ini menjadikan terbukanya peluang bisnis untuk prototipe pemanen energi dengan menggunakan transduser piezoelektrik.

Salah satu contoh negara yang telah mengaplikasikan transduser piezoelektrik adalah Jepang dan tidak lama lagi akan banyak negara lain yang tidak ingin menyia nyiakan energinya terbuang begitu saja. Akhirnya pemanen energi dengan menggunakan transduser piezoelektrik ini akan digunakan diseluruh negara yang ada. Selain memanfaatkan energi yang selama ini terbuang, juga sistem ini sangatlah ramah lingkungan. Tidak menyebabkan polusi ataupun hal buruk lainnya.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Penelitian ini merangkum skripsi yang terstruktur dalam beberapa bab. Bab I mencakup pengantar, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan tata cara penulisan. Bab II membahas tinjauan pustaka yang mencakup pemanen energi, piezoelektrik, dan penyearah gelombang. Bab III merincikan langkah-langkah penelitian, mulai dari studi literatur, perancangan sistem dan perangkat lunak yang akan digunakan. Bab IV akan membahas mengenai hasil dan pembahasan dan Bab V akan membahas terkait kesimpulan dan saran

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya yang bisa dijadikan pertimbangan dengan tujuan untuk membedakan antara penelitian penulis dan dengan penelitian lain untuk memperkuat bahwa penelitian ini dibuat dengan asli dan dibuat dengan hasil pekerjaan dari penulis, dari penelitian sebelumnya dapat dijadikan kajian yakni sebagai berikut:

Penelitian [6] yang dilakukan pada air terjun yang berlokasi di Takapala Malino. Sumber utama yang ada pada penelitian ini adalah energi bunyi dan sumber yang lainnya berupa energi kinetik dan energi potensial. Energi-energi yang didapat dan dikumpulkan akan dikonversi menjadi energi listrik. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menyalakan lampu LED dengan perancangan 40 piezoelektrik. Model rangkaian yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan 2 rangkaian seri dan 2 rangkaian paralel, rangkaian seri, dan rangkaian paralel. Keluaran piezoelektrik paling tinggi sebesar 2,31 Volt dan tegangan rata-rata sebesar 2,99 Volt dan arus rata-rata 2,77 Ampere. Menggunakan diode penyearah gelombang penuh untuk merubah listrik bolak balik menjadi listrik searah sehingga dapat menyalakan lampu LED.

Penelitian [7] berfokus pada pemanfaatan gelombang air laut dengan simulasi ombak. Sistem yang digunakan merupakan gabungan dari beberapa perangkat berupa rangkaian penguat tegangan, rangkaian sistem control dengan mikrokontroller ATmega 16 sebagai pengatur dan penstabil tegangan. Piezoelektrik akan mendapatkan tekanan dari ombak laut yang disimulasikan dengan pompa air. Piezoelektrik yang digunakan sebanyak 15 buah dihubungkan dengan secara seri dalam satu baris dan paralel dengan baris lainnya. Tegangan maksimum yang didapat pada penelitian ini sebesar 11,4 Volt dan memiliki kuat arus maksimum 1,14 Ampere dan mampu menghasilkan daya sebesar 12,99 watt.

Penelitian [2] memiliki tujuan untuk memberitahu bahwa piezoelektrik merupakan sebuah material yang pintar untuk digunakan dimasa depan. Berbagai percobaan dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan menginjak piezoelektri

dengan kaki bagian tumit, kemudian menginjak piezoelektrik dengan kaki bagian jari, kemudian dengan diinjak dengan sepeda, motor dan mobil. Hasil keluaran yang didapatkan diukur dan didapati bahwa hasil dari banyak percobaan itu memiliki keluaran yang berbeda beda. Tegangan tertinggi didapat ketika ditekan dengan jari tangan dan kemudian dilepas dengan tegangan puncak sebesar 112 Volt.

Pada penelitian [8] sama menggunakan piezoelektrik pada tangga. Beban yang digunakan dalam percobaan adalah beban dengan berat 62 – 72 kg. Rangkaian yang digunakan juga ada dua yaitu dengan serial dan paralel. Hasil dari rangkaian paralel lebih efektif dalam mengeluarkan daya. Penelitian ini juga membuktikan bahwa piezoelektrik merupakan komponen yang sensitif terhadap getaran.

Penelitian [9] memanfaatkan sepatu sebagai tempat penyimpanan transduser piezoelektrik. Penelitian ini menggunakan berat badan yang berbeda beda yaitu 52,65 kg, 62,65 kg, dan 72,65 kg dengan percobaan kecepatan jalan biasa, jalan cepat dan berlari. Hasilnya daya terbesar menggunakan rangkaian paralel dan dengan mode berlari dengan berat 72,65 kg. Daya yang dihasilkan sebesar 51,22 μ W.

Penelitian [10] melakukan dua uji coba dengan pengujian pertama menggunakan pijakan kaki manusia dan pengujian kedua menggunakan berat beban dari beras. Dengan menggunakan dua model rangkaian transduser piezoelektrik. Rangkaian pertama menggunakan jenis rangkaian serial dan rangkaian kedua menggunakan jenis rangkaian paralel. Hasilnya rangkaian paralel jauh lebih efektif menghasilkan daya yang lebih besar dari pada menggunakan rangkaian seri. Dalam 1 menit tegangan yang terisi pada kapasitor sebesar 9,3 V.

Penelitian [5] memanfaatkan piezoelektrik pada sebuah lantai. Tujuannya untuk mengetahui berapa lama dan banyak langkah yang dibutuhkan untuk mengisi sebuah baterai. Hasil pengujian dengan berat 60 kg, 80 kg dan 100 kg didapati rata-ratanya tertinggi adalah 7 – 9 mV dengan berat beban 100kg. Sehingga untuk dapat mengisi sebuah baterai telepon genggam dibutuhkan 200 piezoelektrik dan 110.000 langkah orang. Dengan kapasitas baterai sebesar 4000mAh dengan tegangan 5V. Perbandingan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2. 1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Penulis	Judul	Tahun	Hasil	Perbedaan
Nur Arief	Perancangan dan Pembuatan Sound Energy Harvesting Berbasis Piezoelektrik dengan Memanfaatkan Kebisingan	2021	Pengujian menggunakan 40 piezoelektrik yang dirangkai secara 2 seri dan 2 paralel dengan keluaran tegangan dan arus rata rata sebesar 2,99 V dan 2,77 A	Menggunakan 40 piezo yang dirangkai secara seri dan paralel yang dilakukan didekat air terjun dengan memanfaatkan kebisingan
Chikal Ayunisa Rahmadian	Uji Performansi Prototipe Breakwater sebagai Pembangkit Listrik Berbasis Piezoelektrik	2017	Memanfaatkan gelombang air laut dengan menggunakan simulasi memakai pompa air dengan 15 piezo yang dirangkai secara seri dan paralel dengan mendapatkan tegangan maksimum 11,4 V dan Arus maksimum 1,14 A	Menggunakan 15 piezo yang dirangkai secara seri dan paralel yang memanfaatkan gelombang air laut dengan sistem AtMega 16.

Susmitri Das Mahapatra, dkk	Piezoelectric Materials for Energy Harvesting and Sensing Applications: Roadmap for Future Smart Materials	2021	Berbagai percobaan dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan menginjak piezoelektri dengan kaki bagian tumit, kemudian menginjak piezoelektrik dengan kaki bagian jari, kemudian dengan diinjak dengan sepeda, motor dan mobil. Menghasilkan tegangan puncak terbesar yaitu 112 volt	Percobaan yang menggunakan kendaraan seperti motor dan mobil
Theo Tri Moses Tambunan	Analisis Pengaruh Variasi Beban, Rangkaian Piezoelektrik, dan Durasi Penginjakan pada Tangga Berbasis Piezoelektrik	2020	Menggunakan piezoelektrik pada tangga. Beban yang digunakan dalam percobaan adalah beban dengan berat 62 – 72 kg. Rangkaian yang digunakan juga ada dua yaitu dengan serial dan pararel. Hasil dari rangkaian pararel lebih efektif dalam mengeluarkan daya.	Pengunaan piezoelektrik sebanyak 20 yang dirangkai secara seri dan pararel.

Rizqi Aulia Islami	Pemanfaatan Sensor Piezoelektrik Sebagai Generator Listrik pada Sepatu untuk Pengisian Baterai Peralatan Elektronik Berdaya Rendah	2022	Memanfaatkan sepatu sebagai tempat penyimpanan transduser piezoelektrik. Penelitian ini menggunakan berat badan yang berbeda-beda yaitu 52,65 kg, 62,65 kg, dan 72,65 kg dengan percobaan kecepatan jalan biasa, jalan cepat dan berlari. Hasilnya daya terbesar menggunakan rangkaian paralel dan dengan mode berlari dengan berat 72,65 kg. Daya yang dihasilkan sebesar 51,22 μ W.	Pengaplikasian penelitian ini transduser piezoelektrik diaplikasikan pada sepatu.
Raja Hendry Ade	Prototipe Pemanfaatan Piezoelektrik Pada Pijakan Kaki Manusia Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif	2020	Melakukan dua uji coba dengan pengujian pertama menggunakan pijakan kaki manusia dan pengujian kedua menggunakan berat beban dari beras. Dengan menggunakan dua model rangkaian transduser piezoelektrik. Rangkaian pertama menggunakan jenis rangkaian serial	Melakukan percobaan dengan beras dan membandingkan keefektifan rangkaian seri dan paralel pada piezoelektrik.

			dan rangkaian kedua menggunakan jenis rangkaian paralel. Hasilnya rangkaian paralel jauh lebih efektif menghasilkan daya yang lebih besar dari pada menggunakan rangkaian seri. Dalam 1 menit tegangan yang terisi pada kapasitor sebesar 9,3 V.	
Mowaviq, Andi Junaidi, dan Sugeng	Lantai Pemanen Energi Listrik Menggunakan Piezoelektrik	2018	Membuat lantai pemanen energi dengan piezoelektrik sebanyak 9 buah dirangkai secara paralel dengan tujuan menganalisis berapa banyak langkah yang dibutuhkan untuk dapat mengisi baterai telepon genggam yang berkapasitas 400mAh dibutuhkan 110.000 langkah untuk dapat mengisi baterai dengan kapasitas 4000 mAh, sehingga tempat yang tepat berada di stasiun.	Menggunakan 9 piezoelektrik yang diaplikasikan pada lantai yang berukuran 35 x 35 mm dengan penggunaan berat badan 60, 80 dan 100 Kg.

2.2 DASAR TEORI

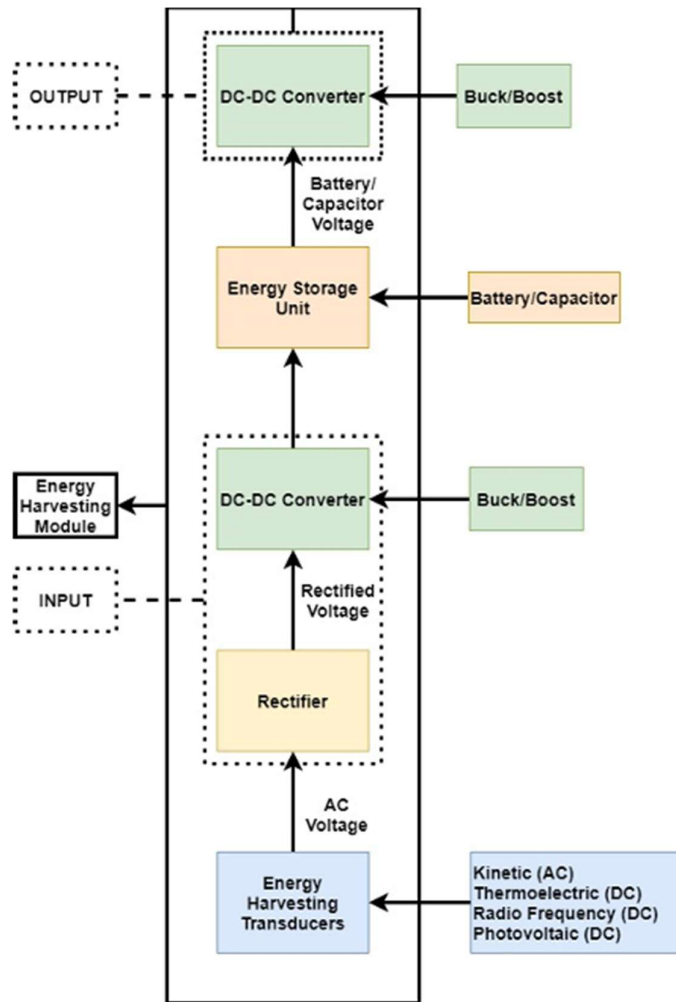
Pada sub-bab ini membahas mengenai dasar teori yang penulis gunakan sebagai acuan dan komponen yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

2.2.1 Pemanen Energi

Energi adalah kapasitas untuk melakukan pekerjaan. Usaha didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada suatu benda untuk mengubah posisi atau lokasinya. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Oleh karena itu, energi dapat diubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI), satuan energi adalah joule (J), satuan lainnya termasuk kalori, erg, dan kWh (kilowatt jam). Mengenai piezoelektrik, terdapat peristiwa di mana energi mekanik diubah menjadi energi listrik [11].

Energi terbarukan adalah energi yang terus diperbarui dan tidak habis dalam jangka waktu lama. Diantara berbagai jenis energi terbarukan yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik adalah bahan piezoelektrik. Listrik sekarang sangat penting untuk kebutuhan masyarakat, baik domestik maupun industri. Meskipun ada keinginan untuk persediaan energi yang tidak terbatas, sumber daya alam sangat terbatas. Hal ini menimbulkan masalah global bagi produksi energi masa depan karena menguras sumber daya alam dan berdampak negatif terhadap lingkungan [1].

Teknologi yang memanfaatkan sumber energi ini sering disebut pemanenan energi. Pemanenan energi adalah proses untuk menghasilkan energi dari sumber yang tak terbatas. Salah satu perangkat yang dapat menghasilkan energi ini adalah elemen piezoelektrik [12]. Cara kerja Pemanen energi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Cara Kerja Pemanen Energi dengan Tranduser [13]

Proses konversi energi disekitar kita menjadi energi listrik dikenal sebagai *Energy Harvesting* (EH). Selama bertahun-tahun, beberapa teknik telah dikembangkan untuk memanfaatkan konsep ini untuk sejumlah sumber yang berbeda. Sistem EH adalah kombinasi dari beberapa subsistem yang bekerja secara paralel, di mana pembangkit listrik memiliki peran kunci yang bertanggung jawab untuk menggerakkan perangkat. Energi pemanenan energi untuk perangkat berdaya rendah dari sumber-sumber seperti panas, matahari, angin, frekuensi radio, suara, getaran, tekanan dll telah dilakukan secara efisien selama satu dekade terakhir. Energi yang sudah dikumpulkan dan diubah akan disearahkan dengan *rectifier* sehingga tegangan yang tadinya AC berubah menjadi DC. Tegangan yang dihasilkan dapat diperkuat dengan menggunakan *boost* dan setelahnya bisa disimpan pada tempat penyimpanan seperti baterai dan lainnya. Alur kerja

pemanenan energi berdasarkan pada cahaya, suhu, gerakan, elektromekanis, dan medan elektromagnetik dapat dilihat pada gambar 2.1. Berbagai jenis mekanisme untuk berbagai teknik pemanenan energi, yaitu dari sumber AC dan DC [13].

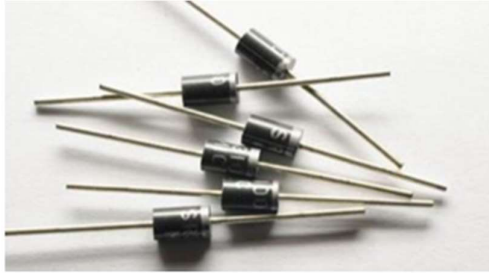
2.2.2 Dioda

Dioda merupakan komponen elektronik yang hanya mengalirkan arus dalam satu arah, sehingga dioda disebut juga “penyearah” dan terbuat dari bahan semikonduktor silikon dan germanium. Dioda terdiri dari kombinasi dua jenis semikonduktor, tipe P (positif) dan tipe N (negatif). Pin dioda yang dihubungkan ke semikonduktor tipe-P disebut “anoda”, sedangkan pin yang dihubungkan ke semikonduktor tipe-N disebut “katoda”. Disebut "katoda". Dalam bentuk aslinya, dioda memiliki cincin pada salah satu sisinya, yang digunakan untuk menunjukkan bahwa sisi yang memiliki cincin tersebut adalah kaki katoda. Arus mengalir dengan mudah dari anoda ke katoda, yang disebut "bias maju", tetapi jika mengalir dalam arah yang berlawanan, dari katoda ke anoda, arus diblokir atau diblokir, yang disebut "bias terbalik". Bias Terbalik". [14]. Gambar sisi P dan sisi N pada dioda dapat dilihat pada gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Penjelasan Kaki Dioda [14]

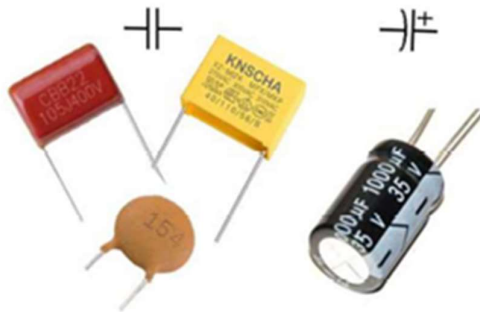
Dioda dapat dibandingkan dengan fungsi katup dalam bidang elektronik. Dioda sebenarnya tidak menunjukkan karakteristik arah yang sempurna, melainkan memiliki karakteristik hubungan arus dan tegangan non-linier yang kompleks, dan seringkali bergantung pada teknologi atau bahan yang digunakan serta parameternya [15]. Berikut adalah beberapa dioda dalam bentuk material yang dapat dilihat pada gambar 2. 3.



Gambar 2. 3 Dioda [15]

2.2.3 Kapasitor

Biasanya, kapasitor digunakan untuk menyimpan sementara dan mentransfer muatan ke komponen atau sirkuit berikutnya. Saat ini, Anda dapat menggunakan kapasitor sesuai dengan kebutuhan rangkaian Anda karena Anda dapat dengan mudah menemukan kapasitor dalam berbagai jenis, bentuk, dan ukuran di pasaran, seperti: Misalnya, kapasitor tegangan tinggi, kapasitor 400 V, kapasitor 5 μF , kapasitor 100 nF, kapasitor 10 μF , dan sebagainya. Kapasitor memiliki dua kaki yang fungsinya untuk mengumpulkan energi listrik. Ketika tegangan diberikan pada kedua pelat, muatan positif akan terkumpul pada salah satu kaki logam (elektroda) dan pada saat yang sama muatan negatif akan terkumpul padanya. Kumpulkan di ujung logam lainnya. Berikut adalah diagram jenis kapasitor. [16]. Kapasitor dapat kita lihat pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Jenis Jenis Kapasitor [16]

Kapasitor adalah komponen elektronik yang menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh isolator (dielektrik). Setiap konduktor disebut pelat. Kapasitor, juga dikenal sebagai kondensor, adalah alat atau komponen listrik yang dirancang untuk menyimpan muatan listrik sementara. Kapasitor terdiri dari dua konduktor (pelat logam) yang dipisahkan oleh bahan isolasi. Isolator ini sering disebut dielektrik (bahan dielektrik). Kapasitor dapat