

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pendengaran merupakan indera yang paling penting bagi tikus. Pendengaran tikus lebih tajam dibandingkan dengan indera peraba dan penglihatan manusia. Lebih kurang manusia dapat mendengar suara pada range 0,02-20 KHz dan pada kisaran 16 KHz (range suara yang paling penting bagi pembicaraan manusia adalah dibawah 6 KHz). Suara-suara pada kisaran frekuensi di atas 18-20 KHz secara umum disebut sebagai ultrasonik. Tikus tidak mendengarkan frekuensi yang lebih rendah dari range pendengaran manusia tetapi tikus mendengar suara pada range 10-70 KHz dan memungkinkan untuk mendengar suara melebihi 100 KHz. Selain itu yang paling penting tikus mendengar pada range ultrasonik. Tikus membuat suara pada range sonic (range pendengaran manusia). Keberadaan dari suara-suara ini sering menjadi asumsi yang salah bahwa suara ini adalah suara-suara yang tikus gunakan pada kenyataannya, dengan pengecualian suara-suara peringatan, semua panggilan penting tikus dilakukan dalam range ultrasonik. Contohnya adalah panggilan "*pup distress*" pada kisaran 40 KHz ketika tikus kesusahan/gelisah, kedinginan atau terganggu. Ade Darmawansyah, (2008).

Gelombang ultasonik merupakan gelombang mekanik dengan frekuensi di atas 20 KHz. Ultrasonik mempunyai kemampuan mendeteksi objek lebih jauh terutama untuk benda-benda yang keras. Pada benda-benda yang mempunyai

permukaan keras gelombang ini akan dipantulkan lebih kuat dari pada benda-benda yang mempunyai permukaan lunak. Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat energi medium yang dilaluinya. Bueche, (1986).

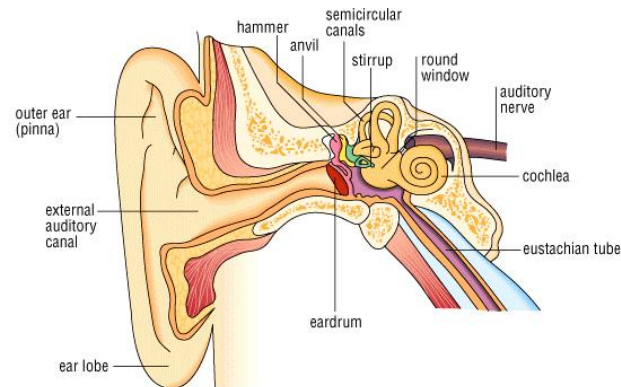
Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium membentuk rapatan sehingga menyebabkan partikel medium amplitudanya sejajar dengan arah rambatan secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik dilaluinya. Resnick R dan Haliday D, (1992).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Jenis-jenis Bunyi Berdasarkan Frekuensi

Menurut teori partikel, setiap zat tersusun atas partikel-partikel zat. Partikel-partikel tersebut selalu dalam keadaan bergetar dan bergerak. Jadi, sebenarnya setiap zat selalu dalam keadaan bergetar (getaran alamiah). Padahal getaran merupakan sumber bunyi. Namun, kenyataannya bunyi yang dihasilkan oleh getaran partikel benda tidak dapat kita dengar. Hal ini menunjukkan bahwa tidak setiap bunyi dapat kita dengar. Bunyi-bunyi yang kita dengar masuk melalui lubang telinga, kemudian akan menggetarkan gendang telinga dan menghasilkan gelombang sinyal. Gelombang

sinyal ini menjadi kejutan syaraf pada rumah siput yang akan dikirim ke otak untuk diterjemahkan. Gambar 2.1 menggambarkan bagian-bagian dari telinga.



Gambar 2.1 Bagian-bagian telinga manusia

Suara atau bunyi dihasilkan oleh getaran suatu benda. Selama bergetar, perbedaan tekanan terjadi di udara sekitarnya. Pola osilasi yang terjadi dinamakan sebagai gelombang. Gelombang mempunyai pola sama yang berulang pada interval tertentu, yang disebut sebagai periode. Berdasarkan frekuensi, suara dibagi menjadi: infrasonik (0 Hz - 20 Hz), audiosonik atau pendengaran manusia (20 Hz-20 KHz), ultrasonik (20 KHz-1 GHz) dan hipersonik (1GHz - 10 THz). Manusia membuat suara dengan frekuensi 50 Hz - 10 KHz. Sedangkan sinyal suara musik yang biasa terdengar memiliki frekuensi 20 Hz -20 KHz. Sistem multimedia yang sehari-hari dipakai pun menggunakan suara yang berada dalam rentang pendengaran manusia (audiosonik).

2.2.2 Audiosonik

Telinga kita hanya dapat mendengar bunyi yang mempunyai frekuensi tertentu. Bunyi yang dapat kita dengar dinamakan bunyi audio (Audiosonik). Audiosonik mempunyai frekuensi antara 20 Hz - 20.000 Hz. Jadi, akan dapat mendengar suatu bunyi berkisar 20 Hz - 20.000 Hz. Bunyi di bawah 20 Hz atau di atas 20.000 Hz tidak dapat kita dengar. Namun beberapa orang yang memiliki pendengaran tajam dapat saja mendengar bunyi dengan frekuensi di bawah 20 Hz atau di atas 20.000 Hz. Hal itu sebagai pengecualian saja. Seiring bertambahnya usia, kemampuan pendengaran manusia berkurang, apalagi kalau sering mendengar suara yang bising dan gaduh, misalnya suara mesin pabrik, kendaraan bermotor, suara pesawat atau konser-konser musik.

2.2.3 Infrasonik

Bunyi yang frekuensinya kurang dari 20 Hz disebut infrasonik, sedangkan bunyi yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz disebut ultrasonik. Bunyi infrasonik dihasilkan oleh bergetarnya benda-benda berukuran besar, seperti gempa bumi, atau gunung meletus. Sehingga kalau akan terjadi gempa atau gunung meletus, ada hewan-hewan tertentu yang sudah dapat mendeteksi dan hewan tersebut akan lari mencari tempat yang aman. Meskipun telinga manusia tidak mampu menangkap gelombang bunyi infrasonik dan ultrasonik, hewan-hewan tertentu mampu menangkap gelombang tersebut. Hewan-hewan itu memiliki kepekaan luar biasa misalnya:

jangkrik, anjing, lumba-lumba, dan kelelawar dapat mendengar infrasonik. Kelelawar juga dapat menghasilkan dan mendengar bunyi ultrasonik.

2.2.4 Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik dengan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya. Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (Strain) dan regangan (Stress). Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya. Getaran ultrasonik yang dipancarkan oleh beberapa binatang, seperti kelelawar mempunyai peranan sangat penting. Getaran ultrasonik merambat lebih cepat daripada kecepatan terbang kelelawar. Apabila getaran ultrasonik mengenai benda-benda di depannya, seperti tembok dan ranting pepohonan, getaran itu akan dipantulkan dan ditangkap kembali oleh kelelawar. Selanjutnya dengan gesit kelelawar beraksi sehingga terhindar dari tabrakan dengan benda-benda yang ada di depannya.

2.3 Tikus

Diperkirakan sekitar 150 spesies dan sub spesies tikus terdapat di seluruh Indonesia. Setiap jenis menghuni habitat yang cocok dengan kebutuhan hidup masing - masing, termasuk lingkungan yang diciptakan manusia seperti halnya daerah pertanian dari jumlah tersebut, ada sepuluh jenis yang mempunyai potensi merugikan antara lain *Rattus Norvegicus*, *Rattus rattus Diardii*, *Mus Musculus*, dan *Bandicota Indica Berkenhout* yang banyak dijumpai di sawah, kebun, perumahan padat penduduk, dan pekarangan (Sukarna dalam Soenarjo, 1991: h.757).



Gambar 2.2 Tikus

Tikus termasuk dalam kelas mamalia adalah hewan pengerat yang mempunyai klasifikasi sebagai berikut :

Dunia : Animalia
 Filum : Chordata
 Sub Filum : Vertebrata
 Kelas : Mamalia
 Sub Kelas : Theria

Ordo : Rodentia
Sub Ordo : Myomorpha
Famili : Muridae
Sub Famili : Murinae
Genus : Bandicota, Rattus, dan Mus

1. Kemampuan Alat Indera Tikus

Seperti jenis hewan lainnya, tikus memiliki kemampuan indera penunjang untuk bebas mencari makanan dan menyelamatkan diri dari predator (pemangsa) pada suasana gelap. Alat indera tikus terdiri dari penciuman, peraba, pendengaran, penglihatan, dan perasa atau pengecap.

Kemampuan alat indera tikus :

a. Mencium

Kemampuan penciuman tikus mempunyai daya yang tajam, terutama untuk mengenal lingkungan dan menghindari diri dari bahaya. Dengan menggerak – gerakan kepalanya ke kiri dan ke kanan pada waktu berjalan, seekor tikus mampu mendeteksi jejak tikus lain, bau badan, urin, dan kotoran yang ditinggalkan sepanjang jalur jalan merupakan salah satu alat komunikasi di antara sesama tikus. Dengan penciuman yang tajam tikus dapat membedakan antara kawan atau lawan jenisnya, antara anggota kelompok satu famili atau asing, dapat berfungsi untuk mencari dan mendapatkan pasangan, digunakan untuk mencium bau makanan, bau tikus betina

yang sedang birahi untuk dikawini, dan tikus betina dapat mencium bau anaknya yang keluar dari sarang berdasarkan air seni yang dikeluarkan oleh anaknya.

b. Menyentuh

Kumis, alis mata (*vibrissae*), dan rambut panjang di antara bulu – bulu halus di seluruh tubuh merupakan alat indera peraba tikus. Dengan indera tersebut, tikus dapat berjalan pada malam hari atau tempat gelap dan memiliki kemampuan kewaspadaan mengenali ada tidaknya bahaya atau rintangan di depannya. Selama dalam berjalan, indera peraba selalu bersentuhan dengan benda – benda di sekitar tubuhnya. Apabila dalam perjalanan atau penjelajahan tikus merasa aman dari gangguan, maka tikus tersebut akan mengulangi perjalanan atau penjelajahan pada tempat yang sama. Seringnya tikus berjalan pada jalur yang sama akan membentuk jalur jalan yang disebut *runway*. (Okon dalam Soenarjo, 1991 : h. 759).

c. Mendengar

Indera pendengaran tikus dapat menangkap getaran suara di luar jangkauan pendengaran manusia, getaran suara ultra hingga 100 kHz dengan tingkat respon terbaik pada 22 kHz. Tikus tanggap terhadap bunyi yang mendadak sehingga dapat menghindar diri dari bahaya. Selain dapat menerima, tikus juga dapat mengeluarkan bunyi ultra pada berbagai intensitas untuk keperluan komunikasi sosial di antara sesamanya. Suara ultra yang dikeluarkan oleh anak tikus yang berumur 5 – 15 hari dapat melakukan komunikasi apabila ditinggal oleh induknya. Tikus dapat mendengar suara – suara dengan frekuensi tinggi (*ultra*), yang tidak dapat didengar

oleh manusia. Berdasarkan suara – suara yang dikeluarkan oleh tikus, dapat dibagi menjadi beberapa suara, yaitu :

- Suara – suara pada saat akan melakukan perkawinan
- Suara – suara menandakan adanya bahaya atau peringatan
- Suara – suara pada saat menemukan makanan
- Suara – suara pada saat tikus mengalami sakit

d. Mengecap (perasa)

Indera perasa tikus memiliki kemampuan untuk mengecap membedakan rasa pahit, racun, dan rasa tidak enak. Tikus dan mencit dapat mendeteksi minuman dan bahan makanan yang dicampur dengan 3 ppm ostrogen (senyawa racun) dengan bahan minuman dan makanan yang tanpa racun.

e. Melihat

Kemampuan mata tikus mempunyai daya pandang sebaik binatang yang aktif bergerak di malam hari, peka terhadap cahaya dengan intensitas tinggi, dapat mendeteksi gerakan pada jarak pandang 10 meter, dengan melihat mampu membedakan antara pola benda dengan ukuran yang berbeda – beda, memiliki perkiraan tepat pada jarak kurang lebih 1 meter untuk melakukan tindakan seperti melompat bila dalam keadaan diperlukan.

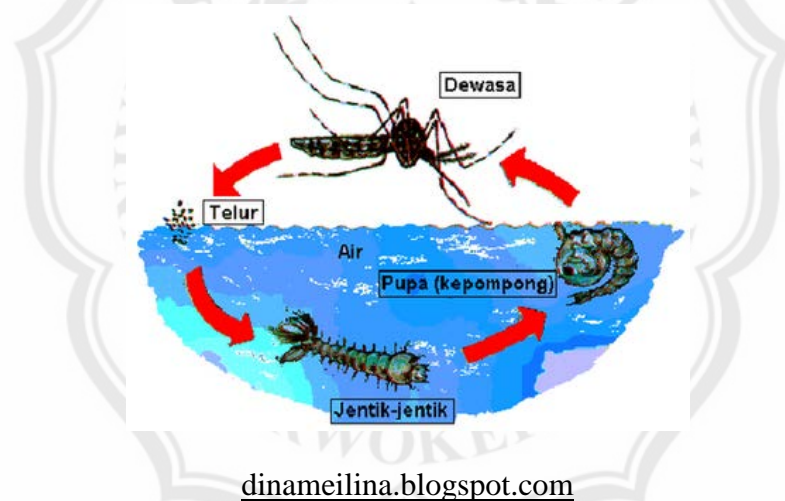
2.4 Nyamuk

Nyamuk adalah serangga tergolong dalam order Diptera; genera termasuk Anopheles, Culex, Psorophora, Ochlerotatus, Aedes, Sabethes, Wyeomyia, Culiseta, dan Haemagogus untuk jumlah keseluruhan sekitar 35 generasi yang merangkum 2700 spesies. Nyamuk mempunyai dua sayap bersisik, tubuh yang langsing, dan enam kaki panjang; antarspesies berbeda-beda tetapi jarang sekali melebihi 15 mm. Dalam bahasa Inggris, nyamuk dikenal sebagai "Mosquito", berasal dari sebuah kata dalam bahasa Spanyol atau bahasa Portugis yang berarti lalat kecil. Penggunaan kata Mosquito bermula sejak tahun 1583. Di Britania Raya nyamuk dikenal sebagai gnats. Pada nyamuk betina, bagian mulutnya membentuk probosis panjang untuk menembus kulit mamalia (atau dalam sebagian kasus burung atau juga reptilia dan amfibi untuk menghisap darah. Nyamuk betina memerlukan protein untuk pembentukan telur dan oleh karena diet nyamuk terdiri dari madu dan jus buah, yang tidak mengandung protein, kebanyakan nyamuk betina perlu menghisap darah untuk mendapatkan protein yang diperlukan. Nyamuk jantan berbeda dengan nyamuk betina, dengan bagian mulut yang tidak sesuai untuk menghisap darah. Agak rumit nyamuk betina dari satu genus, Toxorhynchites, tidak pernah menghisap darah. Larva nyamuk besar ini merupakan pemangsa jentik-jentik nyamuk yang lain.



Gambar 2.3 Nyamuk

1. Siklus Hidup Nyamuk



Gambar 2.4 Siklus hidup nyamuk

Nyamuk mengalami empat tahap dalam siklus hidup: telur, larva, pupa, dan dewasa. Tempo tiga peringkat pertama bergantung kepada spesies - dan suhu. Hanya nyamuk betina saja yang menyedot darah mangsanya. dan itu sama sekali tidak ada hubungannya dengan makan. Sebab, pada kenyataanya baik jantan maupun betina makan cairan nektar bunga, sebab nyamuk betina memberi nutrisi pada telurnya.

Telur-telur nyamuk membutuhkan protein yang terdapat dalam darah untuk berkembang.

Fase perkembangan nyamuk dari telur hingga menjadi nyamuk dewasa sangat menakutkan. Telur nyamuk biasanya diletakkan pada daun lembab atau kolam yang kering. Pemilihan tempat ini dilakukan oleh induk nyamuk dengan menggunakan reseptor yang ada di bawah perutnya. Reseptor ini berfungsi sebagai sensor suhu dan kelembapan. Setelah tempat ditemukan, induk nyamuk mulai mengerami telurnya. Telur-telur itu panjangnya kurang dari 1 mm, disusun secara bergaris, baik dalam kelompok maupun satu persatu. Beberapa spesies nyamuk meletakkan telur-telurnya saling berdekatan membentuk suatu rakit yang bisa terdiri dari 300 telur.

Selesai itu, telur berada pada masa periode inkubasi (pengeraman). Pada periode ini, inkubasi sempurna terjadi pada musim dingin. Setelah itu larva mulai keluar dari telurnya semua dalam waktu yang hampir sama. Anak nyamuk sampai siklus pertumbuhan ini selesai secara keseluruhan. Larva nyamuk akan berubah kulitnya sebanyak 2 kali.

Selesai berganti kulit, nyamuk berada pada fase transisi. Fase ini dinamakan "fase pupa". Pada fase ini, nyamuk sangat rentan terhadap kebocoran pupa. Agar tetap bertahan, sebelum pupa siap untuk perubahan kulit yang terakhir kalinya, 2 pipa nyamuk muncul ke atas air. pipa itu digunakan untuk alat pernapasan.

Nyamuk dalam kepompong pupa yang cukup dewasa dan siap terbang dengan semua organnya seperti antena, belalai, kaki, dada, sayap, perut, dan mata besar yang menutupi sebagian besar kepalanya. lalu kepompong pupa disobek di atas. Tingkat

ketika nyamuk yang telah lengkap muncul ini adalah tingkat yang paling membahayakan.

Culex tarsalis bisa menyelesaikan siklus hidupnya dalam tempo 14 hari pada 20 °C dan hanya sepuluh hari pada suhu 25 °C. Sebagian spesies mempunyai siklus hidup sependek empat hari atau hingga satu bulan. Larva nyamuk dikenal sebagai *jentik* dan didapati di sembarang bekas berisi air. Jentik bernafas melalui saluran udara yang terdapat pada ujung ekor. Pupa biasanya seaktif larva, tetapi bernafas melalui *tanduk* thorakis yang terdapat pada gelung thorakis. Kebanyakan jentik memakan mikroorganisme, tetapi beberapa jentik adalah pemangsa bagi jentik spesies lain. Sebagian larva nyamuk seperti *Wyeomia* hidup dalam keadaan luar biasa. Jentik-jentik spesies ini hidup dalam air tergenang dalam tumbuhan epifit atau di dalam air tergenang dalam *pohon periuk kera*. Jentik-jentik spesies genus *Deinocerites* hidup di dalam sarang ketam sepanjang pesisir pantai.

2.5 Kecoa

Kecoa adalah serangga dengan bentuk tubuh oval, pipih dorso-ventral. Kepala tersembunyi dibawah pronotum. Pronotum dan sayap licin, nampaknya keras, tidak berambut dan berduri. Berwarna coklat atau coklat tua. Panjang tubuhnya bervariasi, berkisar antara 0,6 sampai 7,6 mm.



Gambar 2.5 Kecoa

Kecoa adalah salah satu insekta yang termasuk ordo Orthoptera (bersayap dua) dengan sayap yang di depan menutupi sayap yang di belakang dan melipat seperti kipas. Kecoa terdiri dari beberapa genus yaitu *Blatella*, *Periplaneta*, *Blatta*, *Supella*, dan *Blaberus*. Beberapa spesies dari kecoa adalah *Blatella Germanica*, *Periplaneta Americana*, *Periplaneta Australasiae*, *Periplaneta Fuliginosa*, *Blatta Orientalis*, dan *Supella Longipalpa*

1. Jenis Kecoa

Lebih dari 3500 jenis kecoa dikenali dan hanya sedikit yang menjadi arti penting karena mereka dapat menyesuaikan diri dengan tempat tinggal. Jenis yang paling umum adalah :

a. *Periplaneta americana*

Kecoa jenis ini tersebar di seluruh Dunia. Panjangnya 35-40 mm dan berwarna kemerah-merahan berkilau sampai coklat. Kulit telur mempunyai ukuran 8-10 mm dan berisi 16 telur.

b. *Periplaneta australasiae*

Kecoa jenis ini terdapat di daerah tropis dan sub tropis. Panjangnya 31 – 37 mm, menyerupai *Periplaneta Americana* tetapi lebih gelap. Mempunyai belang kuning pucat, masing-masing sayap berkembang sekitar sepertiga lengan. Kulit telurnya berisi sekitar 22 - 24 telur.

c. *Blatta orientalis*

Kecoa jenis ini terdapat di wilayah dengan suhu dingin. Berwarna kehitam - hitaman dan panjangnya 20 - 27 mm. Kulit telurnya berukuran 10 -12 mm dan berisi 16 - 18 telur.

d. *Supella longipalpa*

Terdapat di seluru Dunia. Panjangnya adalah 10-14 mm, dan mempunyai warna coklat dan kuning yang menyambung. Ukuran kulit telur adalah 4 - 5 mm dan berisi sekitar 16 telur.

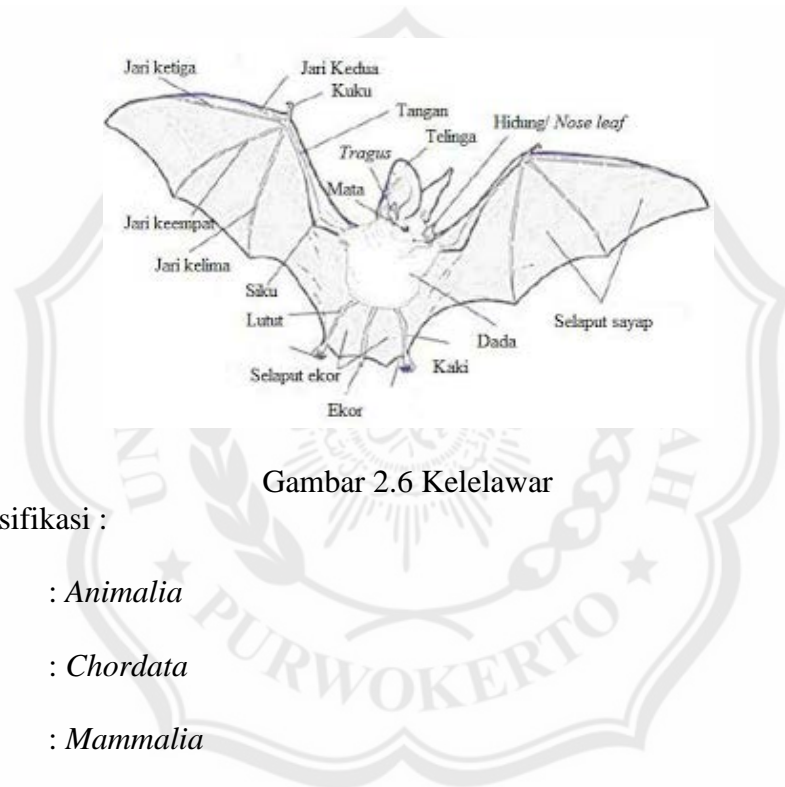
e. *Blatella germanica*

Di temukan di sebagian belahan Dunia. Berwarna coklat kekuning - kuning mengkilat dan panjangnya 10 - 15 mm. Panjang kulit telur sekitar 7 - 9 mm dan berisi sekitar 40 telur.

2.6 Kelelawar

Kelelawar termasuk dalam ordo Chiroptera, hewan yang di antara mamalia yang dapat terbang dengan menggunakan sayap yang termodifikasi dari kulit atau selaput yang menyatu dengan jari lainnya. Hewan ini juga biasanya aktif (mencari

makanan dan aktif terbang) pada malam hari saja (nokturnal), sehingga kelelawar memerlukan tempat bertengger (roosting area) dan tidur dengan cara bergelantung terbalik pada siang hari. Tempat tinggal mereka di tempat yang gelap seperti lubang-lubang tanah (gua), ataupun rumah yang telah lama di tinggal. Sayap kelelawar sangat sensitive terhadap dehidrasi atau kekurangan air.



Gambar 2.6 Kelelawar

Klasifikasi :

- Kingdom : *Animalia*
- Filum : *Chordata*
- Kelas : *Mammalia*
- Ordo : *Chiroptera*,
- Sub-ordo : *Megachiroptera* dan *Microchiroptera*
- Famili : *Pteropodidae*, *Megadermatidae*, *Nycteridae*, *Vespertilionidae*, *Rhinolophidae*, *Hipposideridae*, *Emballonuridae*, *Rhinopomatidae* dan *Molossidae*.

1. Morfologi Kelelawar

Kelelawar merupakan salah satu anggota mamalia yang termasuk ke dalam ordo Chiroptera yang berarti mempunyai “sayap tangan”, karena kaki depannya bermodifikasi sebagai sayap yang berbeda dengan sayap burung. Sayap kelelawar dibentuk oleh perpanjangan jari kedua sampai kelima yang ditutupi oleh selaput terbang atau *patagium*, sedangkan jari pertama bebas dan berukuran relatif normal. Antara kaki depan dan kaki belakang, patagium ini membentuk selaput lateral, sedangkan antara kaki belakang dan ekor membentuk interfemoral.

Ordo Chiroptera merupakan hewan yang unik dan menarik karena merupakan satu-satunya mamalia yang memiliki kemampuan terbang, memiliki jenis pakan yang sangat bervariasi dan beristirahat dengan cara bergantung terbalik. Ordo Chiroptera memiliki dua sub ordo yaitu Microchiroptera dan Megachiroptera. Kebanyakan Microchiroptera adalah insectivora dan hanya sebagian kecil yang omnivora, karnivora, piscivora, frugivora, nectarivora atau sanguivora

Kelelawar pemakan serangga yang paling kecil mempunyai bobot 2 gram dan paling besar 196 gram dengan lengan bawah sayap 22 - 115 cm. Microchiroptera umumnya menggunakan ekolokasi sebagai alat pengendalian gerakannya di tempat yang gelap dan menentukan posisi serangga yang akan dimangsanya. Sedangkan Megachiroptera umumnya adalah herbivora (pemakan buah, daun, nektar dan serbuk sari), berukuran tubuh relatif besar dengan bobot badan 10 gram untuk ukuran kecil dan ukuran terbesar dapat mencapai 1500 gram, memiliki telinga luar yang sederhana tanpa tragus, jari kedua kaki depan bercakar dan mata berkembang relatif baik.

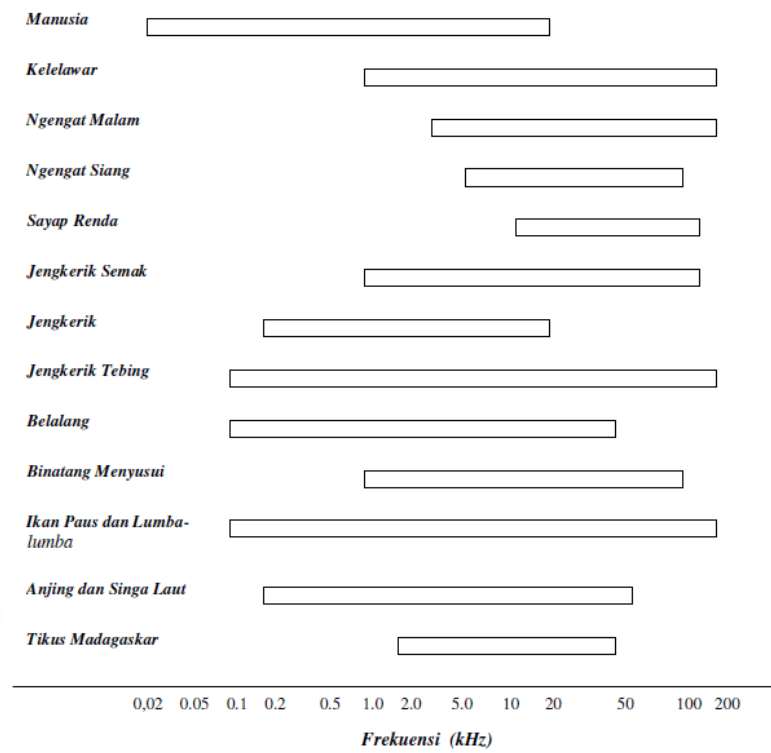
Kelelawar juga dikenal sebagai pembawa beban yang sangat handal, jenis *Lasiurus borealis* mampu membawa empat ekor bayinya yang total bobotnya 23,4 gram atau 181% bobot tubuhnya. Kelelawar lain hanya mampu membawa bayinya dengan bobot berkisar 9,3-73,3% bobot tubuhnya selain adaptasinya yang baik, kelelawar juga memiliki daerah penyebaran yang bersifat kosmopolit, karena ditemukan hampir di semua wilayah di muka bumi kecuali di daerah kutub dan pulau-pulau terisolasi.

2.7 Rentang frekuensi gelombang bunyi

Dibandingkan perbedaan frekuensi yang dimiliki manusia dengan binatang, manusia memiliki rentang kepekaan akustik yang lebih pendek dan batas frekuensi atas yang relatif rendah yaitu sekitar 20 kHz. Dengan menggunakan skala logaritma, kita akan menggunakan istilah *ultrasonic* untuk menyatakan radiasi bunyi pada frekuensi di atas 20 kHz.

Tabel 2.1 Rentang frekuensi pendengaran pada hewan

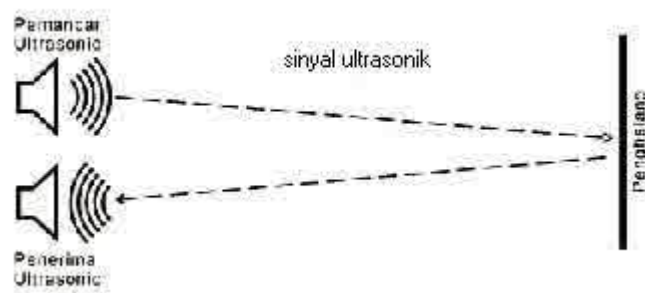
Binatang	Rentang Frekuensi Pendengaran
ayam & burung	< 29.000 Hz
anjing & kucing	< 27.000 Hz
tikus & (hewan pengerat)	< 45.000 Hz
kecoa, nyamuk, laba-laba, dll	< 40.000 Hz
Kelelawar	< 60.000 Hz



Gambar 2.7 Rentang frekuensi pendengaran makhluk hidup (Sales and Pye,1974).

2.8 Rangkaian Listrik Berbasis Frekuensi Ultrasonik

Secara umum, prinsip kerja rangkaian ultrasonik ditunjukkan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Prinsip kerja rangkaian ultrasonik

Prinsip kerja dari rangkaian ultrasonik adalah sebagai berikut : Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20 kHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda adalah 40 kHz. Sinyal tersebut di bangkitkan oleh rangkaian pemancar ultrasonik. Sinyal yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat sebagai sinyal atau gelombang bunyi dengan kecepatan bunyi yang berkisar 340 m/s. Sinyal tersebut kemudian akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh bagian penerima ultrasonik.

2.9 Rangkaian Listrik

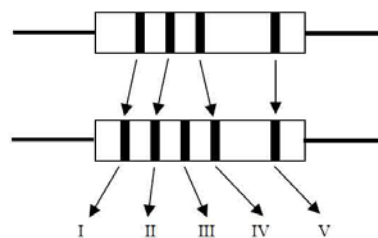
2.9.1 Resistor

Pada dasarnya semua bahan memiliki sifat resistif namun beberapa bahan seperti tembaga, perak, emas, dan bahan metal umumnya memiliki resistansi yang sangat kecil. Bahan – bahan tersebut menghantar arus listrik dengan baik, sehingga dinamakan konduktor. Kebalikan dari bahan yang konduktif, yaitu bahan material seperti karet, gelas, karbon memiliki resistansi yang lebih besar menahan aliran electron sehingga disebut sebagai isolator.

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang selalu digunakan dalam setiap rangkaian elektronika karena bisa berfungsi sebagai pengatur atau untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian. Dengan resistor, arus listrik dapat didistribusikan sesuai dengan kebutuhan. Sesuai dengan namanya resistor bersifat resistif dan umumnya terbuat dari bahan karbon. Satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm atau dilambangkan dengan symbol Ω (Omega).

Di dalam rangkaian elektronika, resistor dilambangkan dengan huruf “R”. Dilihat dari bahannya, ada beberapa jenis resistor yang ada di pasaran antara lain : *Resistor Carbon*, *Wirewound*, dan *Metalfilm*. Ada juga Resistor yang dapat diubah – ubah nilai resistansinya antara lain : Potensiometer, Rheostat, dan Trimmer (Trimpot). Selain itu ada juga Resistor yang nilai resistansinya berubah bila terkena cahaya namanya LDR (*Light Dependent Resistor*) dan resistor yang nilai resistansinya akan bertambah besar bila terkena suhu panas yang namanya PTC (*Positive Thermal Coefficient*) serta resistor yang nilai resistansinya akan bertambah kecil bila terkena suhu panas yang namanya NTC (*Negative Thermal Coefficient*).

Untuk resistor jenis carbon maupun metalfilm biasanya digunakan kode – kode warna sebagai petunjuk besarnya nilai resistansi (tahanan) dari sebuah resistor. Resistor ini mempunyai bentuk seperti tabung dengan dua kaki di kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk cincin kode warna, kode ini untuk mengetahui besar resistansi tanpa harus mengukur besarnya dengan ohmmeter. Kode warna tersebut adalah standar manufaktur yang dikeluarkan oleh EIA (Electronic Industries Association) seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.



Gambar 2.9 Urutan cincin warna pada resistor

Tabel 2.2 Nilai warna pada cincin resistor

Warna Cincin	Cincin I Angka ke- 1	Cincin II Angka ke- 2	Cincin III Angka ke- 3	Cincin IV Pengali	Cincin V Toleransi
Hitam	0	0	0	$\times 10^0$	
Coklat	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1 \%$
Merah	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2 \%$
Orange	3	3	3	$\times 10^3$	
Kuning	4	4	4	$\times 10^4$	
Hijau	5	5	5	$\times 10^5$	
Biru	6	6	6	$\times 10^6$	
Ungu	7	7	7	$\times 10^7$	
Abu-abu	8	8	8	$\times 10^8$	
Putih	9	9	9	$\times 10^9$	
Emas				$\times 10^{-1}$	$\pm 5 \%$
Perak				$\times 10^{-2}$	$\pm 10 \%$
Tidak ada warna					$\pm 20 \%$

Besaran resistansi suatu resistor dibaca dari posisi cincin yang paling depan ke arah cincin toleransi. Biasanya posisi cincin toleransi ini berada pada badan resistor yang paling pojok atau juga dengan lebar yang lebih menonjol, sedangkan posisi cincin yang pertama agak sedikit ke dalam. Dengan demikian pemakai sudah langsung mengetahui berapa toleransi dari resistor tersebut. Kalau kita telah bisa menentukan mana cincin yang pertama selanjutnya adalah membaca cincin nilai resistansinya.

Jumlah cincin yang melingkar pada resistor umumnya sesuai dengan besar toleransinya. Biasanya resistor dengan toleransi 5%, 10%, atau 20% memiliki 3 cincin (tidak termasuk cincin toleransi). Tetapi resistor dengan toleransi 1% atau 2% (toleransi kecil) memiliki 4 cincin (tidak termasuk cincin toleransi). Cincin pertama dan

seterusnya berturut-turut menunjukkan besar nilai satuan, dan cincin terakhir adalah faktor pengalinya.

Misalnya resistor dengan cincin kuning, violet, merah, dan emas. Cincin berwarna emas adalah cincin toleransi. Dengan demikian urutan warna cincin resistor ini adalah, cincin pertama berwarna kuning, cincin kedua berwarna violet, dan cincin ketiga berwarna merah. Cincin ke empat yang berwarna emas adalah cincin toleransi. Dari tabel 2.2 diketahui jika cincin toleransi berwarna emas, berarti resistor ini memiliki toleransi 5%. Nilai resistansinya dihitung sesuai dengan urutan warnanya. Pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai satuan dari resistor ini. Karena resistor ini resistor 5% (yang biasanya memiliki tiga cincin selain cincin toleransi), maka nilai satuannya ditentukan oleh cincin pertama dan cincin kedua. Masih dari tabel 2.2, diketahui cincin kuning nilainya = 4 dan cincin violet nilainya = 7. Jadi cincin pertama dan kedua atau kuning dan violet berurutan, nilai satuannya adalah 47. Cincin ketiga adalah faktor pengali, dan jika warna cincinnya merah berarti faktor pengalinya adalah 100. Sehingga dengan ini diketahui nilai resistansi resistor tersebut adalah nilai satuan x faktor pengali atau $47 \times 100 = 4700 \Omega = 4,7 \text{ k}\Omega$ (pada rangkaian elektronika biasanya ditulis $47 \text{ k}\Omega$) dan toleransinya adalah $\pm 5\%$. Arti dari toleransi itu sendiri adalah batasan nilai resistansi minimum dan maksimum yang dimiliki oleh resistor tersebut. Jadi nilai sebenarnya dari resistor $4,7 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ adalah :

$$4700 \times 5\% = 235 \Omega$$

Jadi :

$$R_{maksimum} = 4700 + 235 = 4935 \Omega$$

$$R_{minimum} = 4700 - 235 = 4465 \Omega$$

Apabila resistor di atas diukur dengan menggunakan ohmmeter dan berada pada rentang nilai maksimum dan minimum (4465 sampai dengan 4935) maka resistor tadi masih memenuhi standar. Nilai toleransi ini diberikan oleh pabrik pembuat resistor untuk mengantisipasi karakteristik bahan yang tidak sama antara satu resistor dengan resistor yang lainnya sehingga para desainer elektronika dapat memperkirakan faktor toleransi tersebut dalam rancangannya. Semakin kecil nilai toleransinya, semakin baik kualitas resistornya. Sehingga di pasaran resistor yang mempunyai nilai toleransi 1% (contohnya : resistor metalfilm) jauh lebih mahal dibandingkan resistor yang mempunyai toleransi 5% (resistor carbon).

Spesifikasi lain yang perlu diperhatikan dalam memilih resistor pada suatu rancangan selain besar resistansi adalah besar watt-nya atau daya maksimum yang mampu ditahan oleh resistor. Karena resistor bekerja dengan di aliri arus listrik, maka akan terjadi disipasi daya berupa panas sebesar :

$$P = I^2 \cdot R$$

Semakin besar ukuran fisik suatu resistor, bisa menunjukkan semakin besar kemampuan disipasi daya resistor tersebut. Umumnya di pasar tersedia ukuran 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 5, 10, dan 20 watt. Resistor yang memiliki disipasi daya maksimum 5, 10, dan 20 watt umumnya berbentuk balok memanjang persegi empat berwarna putih,

namun ada juga yang berbentuk silinder dan biasanya untuk resistor ukuran besar ini nilai resistansi dicetak langsung dibadannya tidak berbentuk cincin – cincin warna, misalnya 100Ω 5W atau $1k\Omega$ 10W.

Dilihat dari jenisnya, resistor dapat dibagi menjadi :

1. Resistor Tetap (Fixed Resistor)

Resistor yang nilainya tidak dapat berubah, jadi selalu tetap (konstan). Resistor ini biasanya dibuat dari nikelin atau karbon. Berfungsi sebagai pembagi tegangan, mengatur atau membatasi arus pada suatu rangkaian serta memperbesar dan memperkecil tegangan.

2. Resistor Tidak Tetap (Variable Resistor)

Yaitu resistor yang nilainya dapat berubah – ubah dengan jalan menggeser atau memutar toggle pada alat tersebut, sehingga nilai resistor dapat kita tetapkan sesuai dengan kebutuhan. Berfungsi sebagai pengatur volume (mengatur besar kecilnya arus), tone control pada sound sistem, pengatur tinggi rendahnya nada (bass/treble) serta berfungsi sebagai pembagi tegangan dan arus.

a. Potensiometer

Resistor yang nilai resistansinya dapat diubah – ubah dengan memutar poros yang telah tersedia. Potensiometer pada dasarnya sama dengan trimpot secara fungsional.



Gambar 2.10 Potensiometer

b. Trimpot

Resistor yang nilai resistansinya dapat diubah – ubah dengan cara memutar porosnya dengan menggunakan obeng. Untuk mengetahui nilai hambatan dari suatu trimpot dapat dilihat dari angka yang tercantum pada badan trimpot tersebut.



Gambar 2.11 Trimpot

3. Resistor NTC dan PTC

NTC (*Negative Temperature Coefficient*) yaitu resistor yang nilainya akan bertambah kecil bila terkena suhu panas, sedangkan PTC (*Positive Temperature Coefficient*) yaitu resistor yang nilainya akan bertambah besar bila temperaturnya menjadi dingin.

4. Resistor LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) yaitu jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Bila terkena cahaya gelap nilai tahanannya semakin besar, sedangkan bila terkena cahaya terang nilainya menjadi semakin kecil.

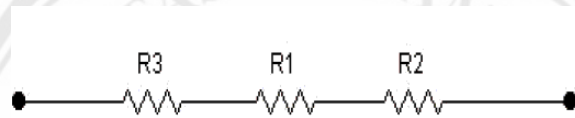
Dalam praktek para desainer terkadang membutuhkan resistor dengan nilai tertentu. Akan tetapi nilai resistor tersebut tidak ada di toko, bahkan pabrik sendiri tidak memproduksinya. Solusi untuk mendapatkan suatu nilai resistor dengan resistansi yang unik tersebut dapat dilakukan dengan cara merangkaikan beberapa

resistor sehingga didapatkan nilai resistansi yang dibutuhkan. Ada dua cara untuk merangkai resistor, yaitu :

1. Cara Serial
2. Cara Paralel

Rangkaian resistor secara serial akan mengakibatkan nilai resistansi total semakin besar.

Di bawah ini contoh resistor yang dirangkai secara serial.



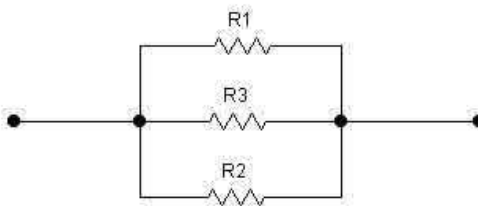
Gambar 2.12 Rangkaian resistor secara serial

Pada rangkaian resistor serial berlaku rumus :

$$R_{TOTAL} = R_1 + R_2 + R_3$$

Sedangkan rangkaian resistor secara paralel akan mengakibatkan nilai resistansi pengganti semakin kecil.

Di bawah ini contoh resistor yang dirangkai secara paralel.



Gambar 2.13 Rangkaian resistor secara paralel

Pada rangkaian resistor paralel berlaku rumus :

$$\frac{1}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

2.9.2 Kapasitor

Kapasitor ialah komponen elektronika yang mempunyai kemampuan menyimpan elektron-elektron selama waktu yang tidak tertentu. Kapasitor berbeda dengan akumulator dalam menyimpan muatan listrik terutama tidak terjadi perubahan kimia pada bahan kapasitor, besarnya kapasitansi dari sebuah kapasitor dinyatakan dalam farad. Pengertian lain Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (*elektroda*) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini "tersimpan" selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan. Kemampuan untuk menyimpan muatan listrik pada kapasitor disebut dengan kapasitansi atau kapasitas.



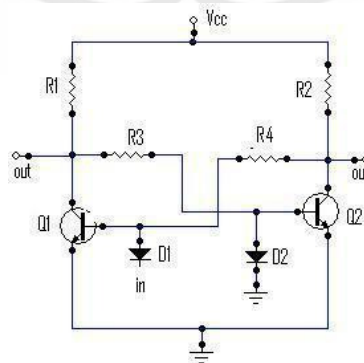
Gambar 2.14 Symbol Kapasitor

2.9.3 Multivibrator

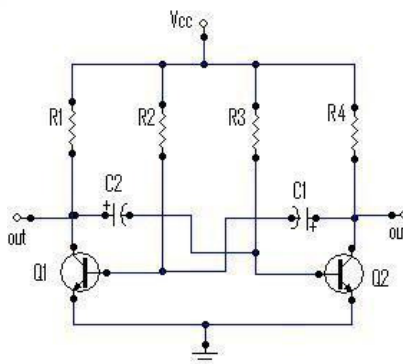
Multivibrator adalah rangkaian yang dapat menghasilkan sinyal kontinu, yang digunakan sebagai pewaktu dari rangkaian-rangkaian digital sekuensial. Dengan input clock yang dihasilkan oleh sebuah multivibrator, rangkaian seperti counter, shift register maupun memory dapat menjalankan fungsinya dengan benar.

Berdasarkan bentuk sinyal output yang dihasilkan, ada 3 macam multivibrator:

a) **Multivibrator bistable** : Memiliki dua keadaan yang stabil. Disebut sebagai *multivibrator bistable* apabila kedua tingkat tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian *multivibrator* tersebut adalah stabil dan rangkaian multivibrator hanya akan mengubah kondisi tingkat tegangan keluarannya pada saat dipicu.

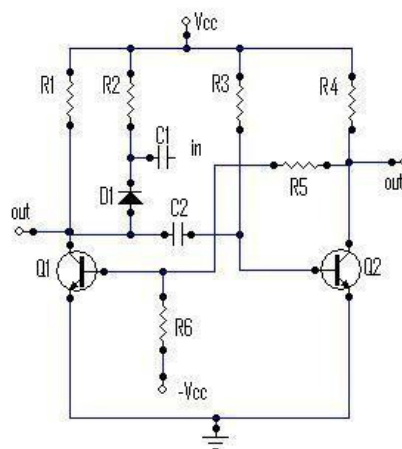
Gambar 2.15 Rangkaian *multivibrator bistable*

b) **Multivibrator astable** : Tidak memiliki kondisi yang “mantap” jadi akan selalu berguling dari satu kondisi ke kondisi yang lain. Disebut sebagai *multivibrator astable* apabila kedua tingkat tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian multivibrator tersebut adalah *quasistable*. Disebut *quasistable* apabila rangkaian multivibrator membentuk suatu pulsa tegangan keluaran sebelum terjadi peralihan tingkat tegangan keluaran ke tingkat lainnya tanpa satupun pemicu dari luar. Pulsa tegangan itu terjadi selama 1 periode (T_1), yang lamanya ditentukan oleh komponen-komponen penyusun rangkaian multivibrator tersebut. Rangkaian tersebut hanya mengubah keadaan tingkat tegangan keluarannya di antara 2 keadaan, masing-masing keadaan memiliki periode yang tetap, itu akan memicu dirinya sendiri dan bergerak bebas sebagai multivibrator, rangkaian multivibrator tersebut akan bekerja secara bebas dan tidak lagi memerlukan pemicu. Multivibrator adalah suatu rangkaian elektronika yang pada waktu tertentu hanya mempunyai satu dari dua tingkat tegangan keluaran, kecuali selama masa transisi. Multivibrator astabil merupakan rangkaian penghasil gelombang kotak yang tidak memiliki keadaan yang mantap dan selalu berguling dari satu kondisi ke kondisi yang lain (*free running*).



Gambar 2.16 Rangkaian *multivibrator astable*

c) **Multivibrator monostable** : Memiliki satu kondisi yang stabil dan satu kondisi yang tidak stabil. Pada operasi ini, pengatur waktu berfungsi sebagai satu tingkat keluaran (one shot). Disebut sebagai *multivibrator monostable* apabila satu tingkat tegangan keluarannya adalah stabil sedangkan tingkat tegangan keluaran yang lain adalah quasistable. Rangkaian tersebut akan beristirahat pada saat tingkat tegangan keluarannya dalam keadaan stabil sampai dipicu menjadi keadaan quasistable. Keadaan quasistable dibentuk oleh rangkaian multivibrator untuk suatu periode T_1 yang telah ditentukan sebelum berubah kembali ke keadaan stabil. Sebagai catatan bahwa selama periode T_1 adalah tetap, waktu antara pulsa-pulsa tersebut tergantung pada pemacu. Tegangan keluaran multivibrator ini. Kapasitor eksternal pada awalnya di isi dan kemudian dikosongkan kembali oleh suatu transistor yang berada di dalam NE 555. Pada aplikasi, suatu pulsa picu negatif kurang dari $1/3 V_{CC}$ di pin 2, flip-flop diset untuk menghubungkan-singkatkan agar terjadi pelepasan kapasitor dan menggerakkan keluaran menjadi tinggi.



Gambar 2.17 Rangkaian *multivibrator monostable*

2.9.4 Pewaktu 555

IC pewaktu 555 adalah sebuah sirkuit terpadu yang digunakan untuk berbagai pewaktu dan multivibrator. IC ini didesain dan diciptakan oleh Hans R. Camenzind pada tahun 1970 dan diperkenalkan pada tahun 1971 oleh Signetics. Nama aslinya adalah SE555/NE555 dan dijuluki sebagai "*The IC Time Machine*". 555 mendapatkan namanya dari tiga resistor 5 k Ω yang digunakan pada sirkuit awal. IC ini sekarang masih digunakan secara luas dikarenakan kemudahannya, kemurahannya dan stabilitasnya yang baik. Sampai pada tahun 2008, diperkirakan sejuta unit diproduksi setiap tahun. Bergantung pada produsen, IC ini biasanya menggunakan lebih dari 20 transistor, 2 dioda dan 15 resistor dalam sekeping semikonduktor silikon yang dipasang pada kemasan DIP 8 pin.



Gambar 2.18 Integrated circuit pewaktu NE555

Spesifikasi ini merupakan tipe NE555. Pewaktu 555 lainnya mungkin memiliki spesifikasi yang berbeda, tergantung tingkat penggunaannya (militer, medis, penerbangan, dll.).

Tabel 2.3 Spesifikasi NE555

Tegangan catu (V_{CC})	4.5 hingga 15 V
Arus catu ($V_{CC} = +5$ V)	3 hingga 6 mA
Arus catu ($V_{CC} = +15$ V)	10 hingga 15 mA
Arus keluaran maksimum	200 mA
Borosan daya maksimum	600 mW
Suhu kerja	0 to 70 °C

a. Variasi

556 adalah peranti DIP 14 pin yang menggabungkan dua 555 dalam satu kemasan, susunan kakinya mirip 555 kecuali dua saluran catu yang digabungkan.

558 adalah peranti DIP 16 pin yang menggabungkan empat 555 yang sedikit dimodifikasi dalam satu kemasan (kaki DIS dan THR disambungkan internal, TRI adalah sensitif terhadap sisi jatuh).

Juga tersedia versi daya sangat rendah dari 555, seperti 7555 dan TLC555. 7555 membutuhkan pengawatan yang sedikit berbeda, menggunakan lebih sedikit komponen eksternal.

b. Mode Operasi

555 memiliki tiga moda operasi dasar, yaitu:

1. Moda ekamantap : pada moda ini, 555 berfungsi sebagai ekamantap (*one-shot*). Penggunaannya meliputi pewaktu, pendeteksi pulsa hilang, sakelar tanpa pentalan, sakelar sentuh, pembagi frekuensi, pengukur kapasitansi, pemodulasi lebar pulsa, dll.

2. Moda takstabil: 555 dapat beroperasi sebagai osilator. Penggunaan meliputi lampu kerdip, generator pulsa, alarm keamanan, pemodulasi posisi pulsa, dll.
3. Moda dwimantap dan penyulut *Schmitt*: 555 dapat beroperasi sebagai *flip-flop* jika kaki DIS tidak disambungkan dan tidak ada kondensator yang digunakan. Penggunaannya meliputi pencacah biner, saklar menggrendel, dll.

c. Susunan kaki

Sambungan kaki dari 555 adalah:

Tabel 2.4 Fungsi kaki 555

No	Nama	Kegunaan
1	GND	GrouND (0V)
2	TR	TRigger (penyulut), pulsa negatif pendek pada pin ini menyulut pewaktuan
3	Q	Output (keluaran), Selama pewaktuan, keluaran berada pada $+V_{CC}$
4	R	Reset, interval pewaktuan dapat disela dengan memberikan pulsa reset 0V
5	CV	Control Voltage memungkinkan untuk mengakses pembagi tegangan internal ($2/3 V_{CC}$)
6	THR	THReshold menentukan akhir pewaktuan (pewaktuan berakhir $V_{thr} < 2/3 V_{CC}$)
7	DIS	DIScharge disambungkan ke kondensator, dan waktu pembuangan muatan kondensator menentukan interval pewaktuan.
8	V+	positive supply Voltage tegangan catu positif yang harus di antara The 3 dan 15 V

2.9.5 Piezzo

Fungsi Piezzo secara keseluruhan adalah mengubah gelombang listrik dari perangkat penguat audio menjadi gelombang suara atau getaran. Proses pengubahan

gelombang elektromagnet menjadi gelombang bunyi tersebut dapat terjadi karena aliran listrik dari penguat audio dialirkan kedalam kumparan dan terkena pengaruh gaya magnet pada piezzo, sesuai dengan kuat lemahnya arus listrik yang diterima, maka getaran yang dihasilkan pada membran akan mengikuti dan jadilah gelombang bunyi yang dapat kita dengarkan.



(<http://www.ebay.co.uk/itm/Tweeter-Horns-Speaker-Piezo-DJ-1-Pair-/221430054788>)

Gambar 2.19 *Piezo Tweeters*

Spesifikasi Produk : *Tweeter Horns Speaker Piezo DJ 1 Pair*

1. Frequency response: 1500Hz -30000Hz
2. For use with 4~16 Ohm applications
3. RMS Power Handling: 100W
4. Size 73x73mm -external dimension
5. Mounting Holes (62mm) apart center to center
6. High Impact ABS Black Housing

2.9.6 Baterai / Catu Daya

Baterai (*Battery*) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik. Hampir semua perangkat elektronik portabel seperti *Handphone*, Laptop, Senter, ataupun *Remote Control* menggunakan baterai sebagai sumber listriknya. Dengan adanya Baterai, kita tidak perlu menyambungkan kabel listrik untuk dapat mengaktifkan perangkat elektronik kita sehingga dapat dengan mudah dibawa kemana-mana. Setiap baterai terdiri dari terminal positif (Katoda) dan terminal negatif (Anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (*Direct Current*). Pada umumnya, baterai terdiri dari 2 Jenis utama yakni *Baterai Primer* yang hanya dapat sekali pakai (*single use battery*) dan *Baterai Sekunder* yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*).



Gambar 2.20 Baterai 9 Volt