



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANGAN ALAT PENDETEKSI DAN PENGUSIR KECOA
DAN NYAMUK BERBASIS FREKUENSI**

SKRIPSI

LIDYA PANJAITAN

0606068335

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

PEMINATAN FISIKA INSTRUMENTASI

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

RANCANGAN ALAT PENDETEKSI DAN PENGUSIR KECOA
DAN NYAMUK BERBASIS FREKUENSI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu
Fisika

LIDYA PANJAITAN

0606068335

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

PEMINATAN FISIKA INSTRUMENTASI

DEPOK

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Lidya Panjaitan

NPM : 0606068335

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Lidya Panjaitan

NPM : 0606068335

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Rancangan Alat Pendeteksi dan Pengusir Kecoa dan Nyamuk Berbasis Frekuensi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Santoso Soekirno

()

Penguji I : Dr. rer.nat Martarizal

()

Penguji II : Tony Mulia, Ph.D

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah menyertai, memberikan kekuatan dan melayakkan saya sampai pada akhirnya menyelesaikan studi di kampus yang saya cintai ini, Departemen Fisika Universitas Indonesia. Tuhan, betapa ku senang semua perbuatan-Mu yang luar bisa dalam hidupku. Dalam segala suka maupun duka, selalu Engkau naungi aku dengan Kasih-Mu ya Tuhan, terimakasih.

Setelah melalui proses pembelajaran yang panjang dan penelitian yang penuh perjuangan akhirnya saya menyadari bahwa begitu luasnya ilmu fisika dan pengaruhnya bagi kehidupan umat manusia. Dan sungguh bangga ketika akhirnya bisa memberikan suatu karya kecil untuk ilmu pengetahuan dan itu juga tidak lepas dari bantuan orang-orang terdekat.

Dari lubuk hati yang terdalam saya ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sedalam-dalamnya untuk:

1. Dr. Santoso sebagai pembimbingku yang mengajarkan banyak hal dalam mengerjakan tugas akhir, dan telah mencurahkan waktu dan perhatian yang begitu besar artinya bagi saya.
2. Dr. Tony Mulia dan Dr.rer.nat Martarizal, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dan bermanfaat bagi pengembangan penelitian ini.
3. Bapak, Mama dan adek kecilku Iyos di rumah di Siantar, Kak Rona di Brastagi, Kak Betha dan Omi di Batam, Bang Tua di Solo, serta adekku si kopik Ikka yang sama-sama berjuang studi di Depok ini. *My sweet family, i love you all...*
4. Vivi, Andy dan kroco-kroconya semua teman-teman Fisika 2006 yang dengan sedikit banyaknya keunikan masing-masing kalian telah turut mencerahkan hari-hariku berkuliah di Fisika.
5. Ilham Pangayoman Onggo Nasution, yang ku kasihi, terimakasih untuk semua motivasi dan teladan mu dalam berjuang dan menghargai arti hidup. Kau adalah semangatku. Percayalah, mujizat masih ada. Ayo semangat! Aku terus berdoa untuk kesembuhanmu.
6. Teman-teman kosan, RTB Cagar, dari kamar depan hingga belakang, Irma, Ikka, Dina, Dian, Devi, Tami, Ola, Christin, Ribka Damanik.
7. PKK ku Kak Chris, Kak Devi, Anak-anak kelompok kecilku, Alvi, Edo, Jo, Ivan, Sutrisno, Tom, Yoseph. Jonathan, terimakasih yang paling spesial: untuk tangkapan kecoa dan nyamuknya.
8. Bobby, Roni Wongso, Kak Eci dan semua teman-teman COOL GBI Kamboja, terimakasih untuk waktu sharing yang berharga.

9. Teman-teman Flexi Chating , Kak Vay dr manado, Kak Ibay dari Balikpapan, Alex, Juli, Hen, Maria, Tama, Mira dan semua yang tak bisa disebut satu per satu.
10. Untuk Yulia, instruwoman '07, kalau masalah praktek aku banyak belajar darimu. Nanti kalau mau pinjem multimeter digital boleh deh. Makasih banyak ya Yul.
11. Untuk Mas Setyo dan Mbak List, dan teman-teman Navigator. Aku tau dukungan kalian yang begitu luar biasa, banyak momen berharga dan pelajaran hidup yang kudapat bersama kalian.
12. Untuk Kak Febyan dan Erni, semangat yang luar biasa dalam pengerjaan revisi kurikulum KK di tengah kesibukan yang menguras tenaga, Tuhan memberikan kita energi ekstra kali ya.
13. Untuk Ami dan Haris, walaupun kita tak jadi ke PRJ 2011 tapi terasa banget kesan jalan bareng ke Salemba. Hahaha. Nabung ya, kapan-kapan datang ke tempatku, di Medan.

Dalam ucapan syukur saya juga menyadari bahwa masih ada kekurangan atas hasil karya saya. Saya berharap apa yang telah saya buat dapat bermanfaat bagi yang membaca dan atas kekurangan di sana sini saya bersedia menerima kritik dan saran.

Depok, Juni 2011

(Penulis)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lidya Panjaitan
NPM : 0606068335
Program Studi : Fisika Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Noneksklusif (NON-exclusif Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Rancangan Alat Pendeteksi dan Pengusir Kecoa dan Nyamuk Berbasis Frekuensi Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 27 Juni 2011

Yang menyatakan



(Lidya Panjaitan)

ABSTRAK

Nama : Lidya Panjaitan
Program Studi : Fisika
Judul : Rancangan Alat Pendeteksi dan Pengusir Kecoa dan Nyamuk Berbasis Frekuensi

Kebutuhan manusia akan suatu alat pendukung kesehatan atau pencegah penyakit semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi. Banyak upaya yang dilakukan untuk mencegah ataupun mengatasi suatu penyakit yang disebabkan oleh binatang, diantaranya adalah kecoa dan nyamuk. Pada penelitian ini akan dirancang alat pendeteksi dan pengusir binatang dengan menggunakan sensor yaitu sensor ultrasonik yang dilengkapi dengan rangkaian osilator. Sensor ultrasonik ini mampu menangkap sinyal dengan frekuensi 40 kHz. Jangkauan frekuensi tersebut mampu mendeteksi adanya pergerakan kecoa atau nyamuk yang rata-rata rentang frekuensi pendengaran lebih kecil dari 40 kHz. Alat ini tersusun dari rangkaian penguat, filter dan osilator LC Tipe Colpitts. Rangkaian osilator adalah suatu rangkaian elektronik yang dapat menghasilkan osilasi tanpa diberikan sinyal secara eksternal. Sinyal tersebut timbul karena adanya *noise* pada setiap komponen yang digunakan. Osilasi tersebut timbul juga karena adanya rangkaian resonator yang menyebabkan sinyal tersebut beresonansi dan amplifier yang menguatkan sinyal tersebut sehingga tidak teredam. Osilator yang digunakan adalah jenis LC dimana rangkaian penyusun resonatornya yaitu induktor dan kapasitor. Dengan mengubah nilai kapasitansi pada resonatornya, maka frekuensi osilasinya akan berubah. Perubahan frekuensi terhadap perubahan nilai komponen kapasitor tersebut akan dijadikan sebagai karakteristik sensor kapasitif Osilator yang digunakan yaitu tipe Colpitts. Dari hasil penelitian, didapat bahwa kecoa dapat dideteksi pada rentang frekuensi 249,1 – 850 Hz dan pada frekuensi sinyal yang dibangkitkan mulai dari 67,53 kHz dapat mengganggu indera kecoa. Sedangkan untuk nyamuk, didapat bahwa nyamuk dapat dideteksi pada rentang frekuensi 237,9 – 724 Hz dan diusir pada frekuensi sinyal yang dibangkitkan mulai dari 48,44 kHz.

Kata kunci: frekuensi, osilasi, ultrasonik, kapasitif, dan sensor.

ABSTRACT

Name : Lidya Panjaitan
Program Study : Physics
Title : Design of Detector and Repeler Cockroach and Mosquito
Tool Base on Frequency

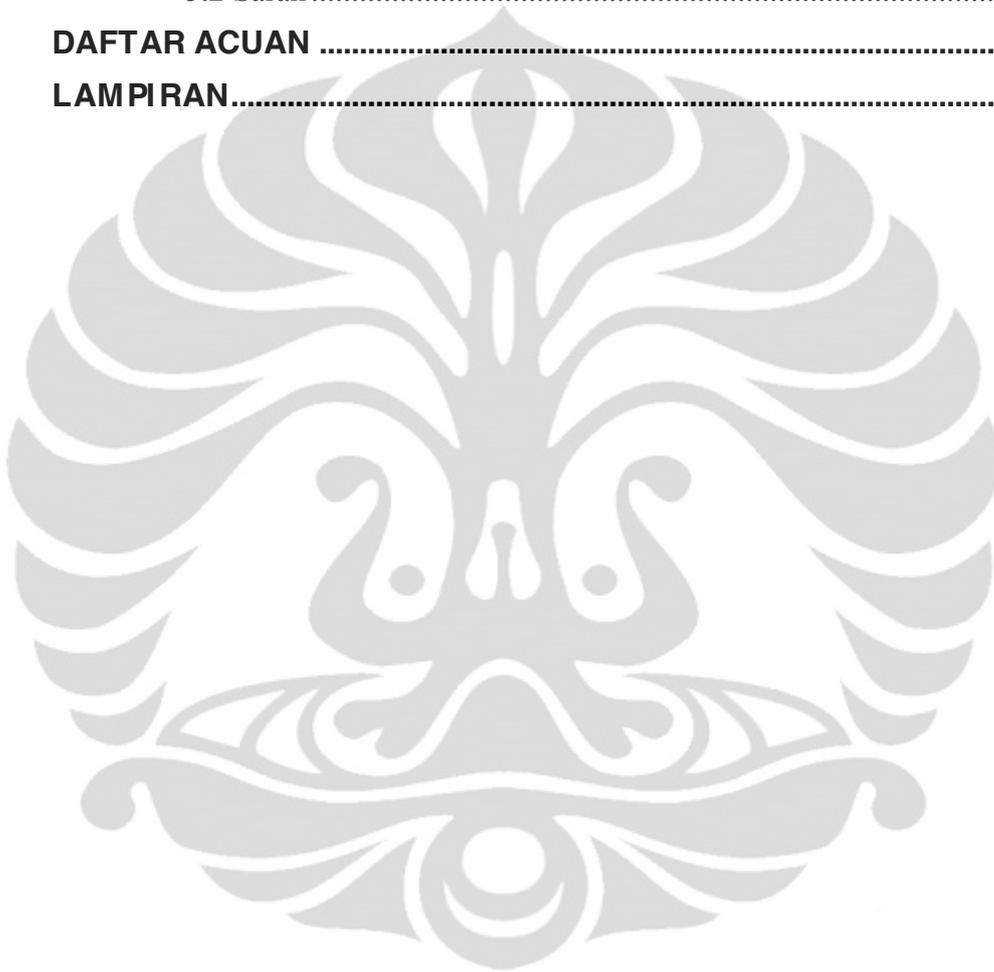
Human need for a tool to support health or prevention of this disease increases with technological development. Efforts are made to prevent or treat diseases caused by animals, such as the cockroaches and mosquitoes. In this study will be designed detectors and animal repellent by using ultrasonic sensors that are equipped with an oscillator circuit. This ultrasonic sensor is capable of capturing the signal with a frequency of 40 kHz. The frequency range can detect any movement of cockroaches or mosquitoes frequency range of the average hearing loss less than 40 kHz. This device consists of a series of amplifiers, filters and oscillators Colpitts LC type. Oscillator circuit is an electronic circuit that can produce oscillations without external signal is provided. The signal arises because the noise on each component used. These oscillations arise because the series resonator that resonates and causes a signal amplifier that amplifies the signal so it is not damped. Oscillator used is the type of LC in which a series of constituents its resonator are inductors and capacitors. By changing the capacitance value in the resonator, then the oscillation frequency will change. Frequency of changes of changes in component values of capacitors will be used as a characteristic of the oscillator used capacitive sensors Colpitts type. From the study, found that cockroaches can be detected in the frequency range of 249.1 to 850 Hz and the frequency signal generated from the 67.53 kHz may interfere with the sense of cockroaches. As for mosquitoes, found that mosquitoes can be detected in the frequency range of 237.9 to 724 Hz and expelled at the signal frequency was raised from 48.44 kHz.

Keywords: Frequency, Oscillator, Colpitts, Ultrasonic, Capacitive, Sensor.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah	1
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Jenis-jenis Bunyi Berdasarkan Frekuensi	6
2.1.1 Infrasonik	6
2.1.2 Audiosonik	6
2.1.3 Ultrasonik	7
2.2 Rangkaian Listrik Berbasis Frekuensi Ultrasonik	8
2.2.1 Penerima (<i>receiver</i>) sebagai pendeteksi	9
2.2.1.1 Penguat Inverting	9
2.2.1.2 Filter Lolos Rentang (<i>Band Pass Filter</i>)	11
2.2.2 Pemancar (<i>transmitter</i>) sebagai pengusir	15
2.2.2.1 Rangkaian Osilator LC	15
2.2.2.2 Rangkaian Osilator LC Tipe Colpitts	23
BAB 3 PERANCANGAN DAN EKSPERIMEN RANGKAIAN	
PENDETEKSI DAN PENGUSIR BINATANG	27
3.1 Perancangan Rangkaian Pendeteksi	31
3.1.1 Mikropon (<i>Microphone</i>)	31
3.1.2 Penguat Inverting	33
3.1.3 Filter Lolos Rentang (<i>Band Pass Filter</i>)	34
3.2 Perancangan Rangkaian Pemancar	36
3.2.1 Rangkaian Osilator Tipe Colpitts	36
3.2.2 Buzzer Ultrasonik (<i>transmitter</i>)	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Analisis Rangkaian Pendeteksi	41
4.1.1 Analisis Rangkaian Mikropon	42
4.1.2 Analisis Rangkaian Penguat Inverting	43

4.1.3 Analisis Rangkaian Filter Lolos Rentang (<i>Band Pass Filter</i>)	43
4.2 Analisis Rangkaian Pengusir	44
4.2.1 Analisis Rangkaian Osilator Tipe Colpitts	44
4.2.2 Analisis Rangkaian Buzzer	46
BAB 5 PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR ACUAN	56
LAMPIRAN	58



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 : Bagian-bagian Telinga	5
Gambar 2.2 : Prinsip Kerja Rangkaian Ultrasonik.....	8
Gambar 2.3 : Simbol Op-Amp	10
Gambar 2.4 : Penguat Inverting	11
Gambar 2.5 : Tipe Filter dan Tanggapannya (<i>Response</i>).....	12
Gambar 2.6 : LPF Pasif dan Tanggapannya (<i>Response</i>).....	13
Gambar 2.7 : HPF Pasif dan Tanggapannya (<i>Response</i>).....	13
Gambar 2.8 (a) : Rangkaian Band Pass Filter	14
Gambar 2.8 (b) : Respon Band Pass Filter.....	14
Gambar 2.9 : Rangkaian Dasar Umpan Balik.....	16
Gambar 2.10 : Simbol Induktor	19
Gambar 2.11 : Induktor Dihubung Seri.....	19
Gambar 2.12 : Induktor Dihubung Paralel.....	20
Gambar 2.13 : Simbol Kapasitor.....	21
Gambar 2.14 (a) : Kapasitor Dihubung Seri	21
Gambar 2.14 (b) : Kapasitor Dihubung Paralel	22
Gambar 2.15 : Rangkaian Osilator Tipe Colpitts.....	23
Gambar 2.16 (a) : Amplifier Tipe <i>Common Collector</i>	24
Gambar 2.16 (b) : Resonator Tipe Colpitts.....	24
Gambar 3.1 : Blok Diagram Rancangan Alat Pendeteksi dan Pengusir Kecoa dan Nyamuk	27
Gambar 3.2 : Multimeter Digital, SANWA.....	28
Gambar 3.3 : Osiloskop	29
Gambar 3.4 : Rangkaian Pendeteksi Binatang Kecoa dan Nyamuk	31
Gambar 3.5 : Pemasangan Mikropon pada Rangkaian Pendeteksi.....	32
Gambar 3.6 : <i>Ultrasonic Sensor (receiver dan transmitter)</i> Sebagai Penerima dan Pemancar	32
Gambar 3.7 : Rangkaian Penguat pada Bagian Pendeteksi.....	33
Gambar 3.8 : Internal Diagram Blok LM358.....	34

Gambar 3.9 : Rangkaian Band Pass Filter pada Bagian Pendeteksi	35
Gambar 3.10 : IC Op-Amp type LM324.....	36
Gambar 3.11 : Rangkaian Osilator Tipe Colpitts dengan Transistor BJT <i>2N3904</i> Sebagai Pemancar Sinyal Untuk Mengusir Kecoa dan Nyamuk	37
Gambar 3.12 : Bentuk Fisik Rangkaian Pendeteksi dan Pengusir Kecoa dan Nyamuk	39
Gambar 4.1 : Konstruksi Pengamatan.....	40
Gambar 4.2 (a) : Tampilan Frekuensi yang Ditangkap Oleh Mikropon dalam kondisi stand-by	42
Gambar 4.2 (b) : Tampilan Frekuensi yang Ditangkap Oleh Mikropon ketika ujungnya diketuk dengan jari	42
Gambar 4.3 : Tampilan Sinyal yang Dihasilkan Rangkaian Pengusir yang Dirancang dengan Frekuensi Osilasi Mendekati 1 MHz	45
Gambar 4.4 : Pengujian Kinerja Rangkaian Pendeteksi dan Pengusir.....	47
Gambar 4.5 : Perubahan Amplitudo Sebagai Fungsi Jarak Antara Mikropon dan Buzzer	47
Gambar 4.6 : Rangkaian Osilator dengan Nilai Kapasitansi yang Diubah-ubah...	48
Gambar 4.7 (a) : Reaksi Kecoa Diawal Pengamatan Sebelum Diberi Gangguan .	49
Gambar 4.7 (b) : Reaksi Kecoa Diakhir Pengamatan Setelah Diberi Gangguan...	49
Gambar 4.7 (a) : Reaksi Nyamuk Diawal Pengamatan Sebelum Diberi Gangguan	50
Gambar 4.7 (b) : Reaksi Nyamuk Diakhir Pengamatan Setelah Diberi Gangguan	50
Gambar 4.7 (a) : Reaksi Kecoa Diawal Pengamatan Sebelum Diberi Gangguan .	47

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Tabel 2.1 : Rentang Frekuensi Pendengaran Binatang	8
Tabel 3.1 : Hasil Standarisasi Frekuensi yang Dihasilkan Oleh Sayap Nyamuk ..	30
Tabel 4.1 : Frekuensi yang Terdeteksi dari Gerakan Kecoa dan Nyamuk.....	44
Tabel 4.2 : Variasi Nilai C_1 dan C_2 dan Frekuensi Osilasi yang Dihasilkan dengan Nilai Induktansi Tetap Sebesar $470 \mu\text{H}$	48
Tabel 4.3 : Data Pengamatan Terhadap Kecoa dan Nyamuk Untuk Variasi Nilai Frekuensi Osilasi	50

BAB 1

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Manusia tidak terlepas dari kebutuhan akan hidup yang sehat. Banyak hal yang menyebabkan kesehatan kita terganggu, salah satu diantaranya adalah penyakit demam berdarah dan kolera yang disebarkan oleh nyamuk dan kecoa. Untuk mengatasi masalah ini akan dibuat suatu alat elektronika yang dapat menjawab kebutuhan ini, yaitu merancang sebuah alat yang dapat mengusir atau membasmi nyamuk dan kecoa penyebab penyakit dengan menggunakan sensor ultrasonik. Peranan alat berbasis sensor ultrasonik ini akan membantu pakar kesehatan dan masyarakat awam untuk mengurangi ataupun mencegah terjadinya penyebaran wabah penyakit yang disebabkan oleh nyamuk. Alat ini dirancang dengan sederhana agar dapat digunakan oleh masyarakat dan dapat diperoleh dengan harga terjangkau.

Nyamuk dan kecoa sebagai golongan *insect*, mampu mendengarkan suara di atas ambang rata-rata pendengaran manusia, yakni lebih dari 20 kHz. Dengan pancaran gelombang ultrasonik yang berada pada kisaran kisaran 30 kHz – 100 kHz, akan membuat fungsi antena pada kecoa dan nyamuk yang berfungsi sebagai satu-satunya indra penerima rangsang menjadi terganggu. Ketika gelombang ultrasonik dipancarkan, indera kecoa dan nyamuk akan mengenali suara yang ditimbulkan oleh gelombang tersebut sebagai ancaman[8]. Jika nyamuk atau kecoa berada terus menerus dalam pusingan dengung suara hasil dari pancaran gelombang ultrasonik, mereka akan merasa tidak nyaman dan akhirnya mati.

1. 2. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis memulai dengan membuat rangkaian osilator terlebih dahulu. Rangkaian ini akan dihubungkan dengan pengkondisi sinyal,

selanjutnya akan diteruskan ke buzzer. Hal ini dilakukan untuk mengetahui terlebih dahulu pengaruh sinyal yang diberikan terhadap binatang. Setelah benar-benar memastikan bahwa pada sinyal dengan frekuensi tertentu binatang menjauh, penelitian akan diteruskan dengan membuat rangkaian *receiver*, yang berguna untuk mendeteksi adanya binatang yang mendekat.

Untuk membuat rangkaian penerima (*receiver*), dibutuhkan suatu sensor yang sangat peka, yaitu sejenis mikropon untuk menangkap suara binatang dengan baik. Dalam penelitian ini, rangkaian penerima sebagai pendeteksi akan melengkapi kinerja rangkaian *transmitter* yang berfungsi sebagai pengusir yang dapat menghasilkan frekuensi yang tidak disukai oleh nyamuk atau kecoa. Alat ini diharapkan nantinya dapat digunakan dengan sederhana oleh masyarakat awam dengan cara pemakaian yang mudah dipahami dan dilakukan.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari dan merancang peralatan pendeteksi frekuensi sinyal suara yang dihasilkan kecoa dan nyamuk.
2. Merancang rangkaian elektronik pengusir kecoa dan nyamuk dengan Osilator LC.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap berikut ini:

a. Studi Literatur

Metode Studi Literatur ini digunakan penulis untuk memperoleh teori - teori dasar sebagai sumber dan acuan dalam penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, informasi dari rekan-rekan mahasiswa, situs

atau internet, *datasheet* komponen dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir penulis.

b. Perancangan Alat

Sebelum menggunakan rangkaian osilator dalam penelitian ini, maka perlu dilakukan perancangan yang baik. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan percobaan untuk mendapatkan nilai – nilai komponen yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini.

c. Metode Eksperimen

Pengambilan data dilakukan dengan cara memvariasikan nilai kapasitor pada setiap rangkaian osilator. Setelah itu, mencatat perubahan frekuensi yang terjadi akibat perubahan nilai komponennya. Perubahan frekuensi tersebut diamati dan dicatat kondisi binatang kecoa dan nyamuk yang diberi sinyal dari osilator tersebut. Selain itu, mengamati karakteristik dari masing – masing rangkaian penyusun osilator tersebut. Pada rangkaian pendeteksi, penulis menggunakan komponen mikropon dari sensor ultrasonik yang bersifat lebih sensitif. Dengan rangkaian penguat dan filter, sinyal yang dideteksi dari kecoa dan nyamuk pun diperoleh.

d. Metode Analisa

Dalam hal ini, penulis akan menganalisa seberapa besar persentase perubahan frekuensi dan perubahan komponennya sehingga dapat diketahui *range* dari setiap osilator yang difungsikan sebagai sensor. Selain itu, sensitivitas, *range*, dan linieritas dari osilator akan diamati oleh penulis untuk mengetahui manfaat dan efektifitas rangkaian osilator dalam mengusir binatang kecoa dan nyamuk.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari beberapa bab dan sub bab. Berikut akan diuraikan secara singkat mengenai isi dari setiap bab tersebut.

BAB I

Pendahuluan berisi latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan dari skripsi ini.

BAB II

Landasan teori ini mengenai teori dasar sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan objek penelitian, perancangan alat dan yang akan dilakukan dalam penelitian.

BAB III

Pada bab ini berisi mengenai perancangan dan eksperimen osilator sensor yang akan dijelaskan mengenai perancangan rangkaian osilator yang akan digunakan agar dapat mengetahui nilai – nilai komponen yang akan digunakan dalam eksperimen. Selain itu, dijelaskan juga mengenai apa saja yang dilakukan oleh penulis dalam kegiatan penelitian ini.

BAB IV

Pada bab ini berisi data dari hasil eksperimen yang kemudian akan dianalisa untuk mengetahui hasil perancangan rangkaian yang terdiri dari mikropon, penguat, filter dan osilator sebagai pendeteksi dan pengusir binatang.

BAB V

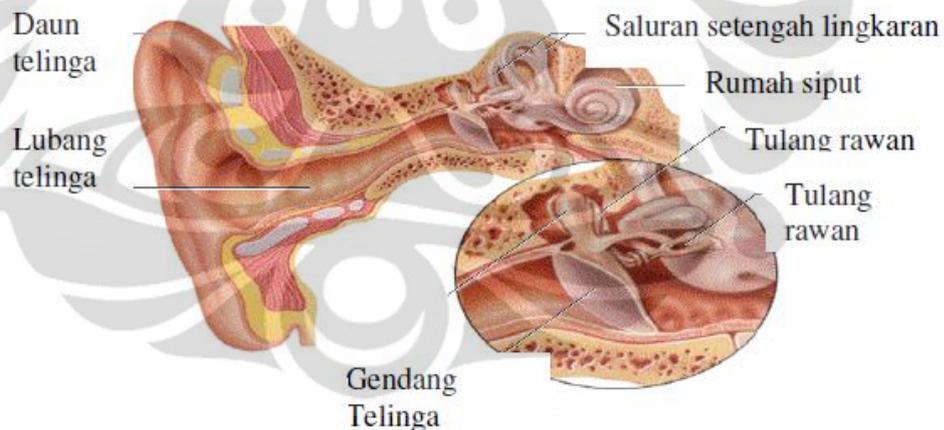
Bagian ini adalah penutup dari semua bab yang berisi mengenai kesimpulan dari yang didapat oleh penulis selama melakukan penelitian ini. Selain itu juga berisi saran dari penulis untuk kemajuan penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

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

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.

Suara berkaitan erat dengan frekuensi. Frekuensi adalah banyaknya periode dalam 1 detik, dalam satuan *Hertz (Hz)* atau *cycles per second (cps)*. Panjang gelombang suara (wavelength) dirumuskan dengan

$$\lambda = c/f \quad (2.1)$$

dimana λ = panjang gelombang, c = kecepatan rambat bunyi dan f = frekuensi. 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 kita dengar memiliki frekuensi 20 Hz – 20 KHz. Sistem multimedia yang sehari-hari kita pakai pun menggunakan suara yang berada dalam rentang pendengaran manusia (audiosonik).

2.1.1 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 sampai 20.000 Hz. Jadi, kita 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.

2.1.2 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.

2.1.3 Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal 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 tegangan (**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.

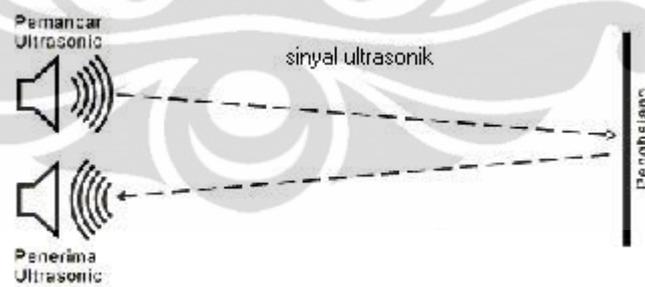
Selain kelelawar, binatang lainnya yang juga menghasilkan getaran ultrasonik antara lain ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Rentang Frekuensi Pendengaran Binatang

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

2.2 Rangkaian Listrik Berbasis Frekuensi Ultrasonik

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



Gambar 2.2 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.

Setelah sinyal tersebut sampai di penerima ultrasonik, kemudian sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jaraknya. Jarak dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340.t/2 \quad (2.2)$$

dimana S adalah jarak antara sensor ultrasonik dengan bidang pantul, dan t adalah selisih waktu antara pemancaran gelombang ultrasonik sampai diterima kembali oleh bagian penerima ultrasonik.

2.2.1 Penerima (*receiver*) sebagai pendeteksi

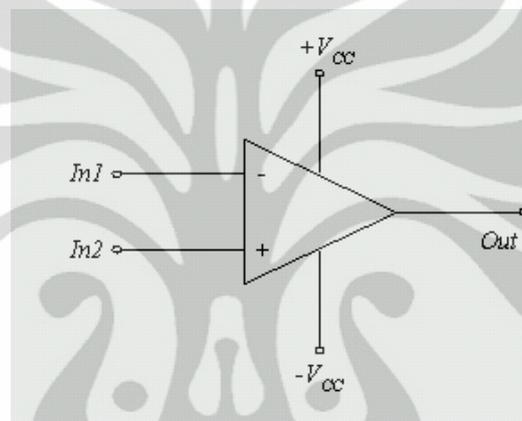
Penerima ultrasonik ini akan menerima sinyal ultrasonik yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan karakteristik frekuensinya. Dalam hal ini, sinyal ultrasonik yang diterima berasal dari getaran yang dipancarkan langsung oleh binatang nyamuk atau kecoa. Sinyal yang diterima tersebut akan diberi penguatan terlebih dahulu untuk kemudian melalui proses filterisasi frekuensi dengan menggunakan rangkaian penyaring frekuensi band pass (*band pass filter*), dengan nilai frekuensi yang dilewatkan yang batas bawah dan batas atasnya telah ditentukan.

2.2.1.1 Penguat Inverting

Penguat operasional atau yang dikenal sebagai Op-Amp merupakan suatu rangkaian terintegrasi atau IC yang memiliki fungsi sebagai penguat sinyal, dengan beberapa konfigurasi. Secara ideal Op-Amp memiliki impedansi masukan dan penguatan yang tak berhingga serta impedansi keluaran sama dengan nol. Dalam prakteknya, Op-Amp memiliki impedansi

masukannya dan penguatan yang besar serta impedansi keluaran yang kecil. Op-amp memiliki simbol seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.

Secara garis besar, terdapat 4 pin utama dari Op-Amp, yaitu masukan invertasi (tanda minus), masukan noninvertasi (tanda plus), masukan tegangan positif, masukan tegangan negatif dan pin keluaran. Di samping pin tersebut terdapat satu pin untuk pengaturan (*adjustment*). Beberapa penerapan Op-Amp diantaranya adalah penguat invertasi, penguat noninvertasi, penguat penjumlahan dan penguat selisih.



Gambar 2.3 Simbol Op-Amp

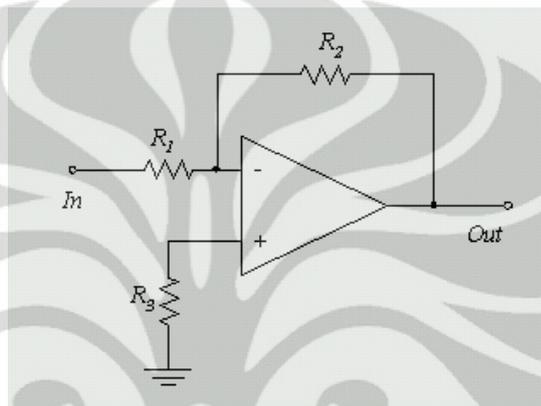
Sumber: http://trensains.com/op_amp.htm

Penguat operasional banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena beberapa keunggulan yang dimilikinya, seperti penguatan yang tinggi, impedansi masukan yang tinggi, impedansi keluaran yang rendah dan lain sebagainya. Berikut ini adalah karakteristik dari Op Amp ideal:

1. Penguatan tegangan lingkaran terbuka (*open-loop voltage gain*) $A_{VOL} = \infty$
2. Tegangan ofset keluaran (*output offset voltage*) $V_{OO} = 0$
3. Hambatan masukan (*input resistance*) $R_I = \infty$
4. Hambatan keluaran (*output resistance*) $R_O = 0$
5. Lebar pita (*band width*) $BW = \infty$
6. Waktu tanggapan (*respon time*) = 0 detik
7. Karakteristik tidak berubah dengan suhu

Kondisi ideal tersebut hanya merupakan kondisi teoritis tidak mungkin dapat dicapai dalam kondisi praktis[4]. Tetapi para pembuat Op Amp berusaha untuk membuat Op Amp yang memiliki karakteristik mendekati kondisi-kondisi di atas. Karena itu sebuah Op Amp yang baik harus memiliki karakteristik yang mendekati kondisi ideal.

Rangkaian untuk penguat inverting adalah seperti yang ditunjukkan Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Penguat Inverting

Sumber: http://trensains.com/op_amp.htm

Penguat ini memiliki ciri khusus yaitu sinyal keluaran memiliki beda fasa sebesar 180° . Penguatan rangkaian penguat inverting adalah berdasar pada persamaan berikut:

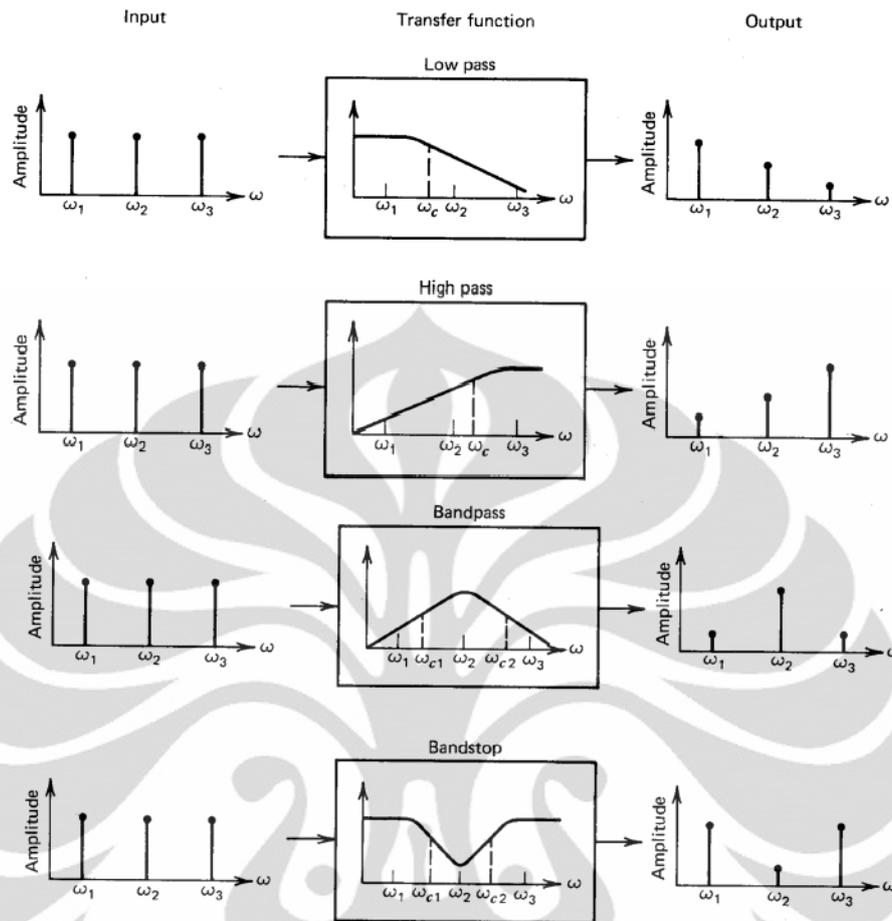
$$V_{out} = -V_{in} (R_2/R_1)$$

$$\text{Penguatan} = A_v = -V_{out}/V_{in} = -R_2/R_1 \quad (2.3)$$

2.2.1.2 Filter Lolos Rentang (*Band Pass Filter*)

Filter adalah suatu rangkaian yang dipergunakan untuk membuang tegangan output. Untuk merancang filter dapat dipergunakan komponen pasif resistor, inductor dan kapasitor (R, L, C) dan komponen aktif (op-amp dan transistor). Dengan demikian filter dapat dikelompokkan menjadi filter pasif dan filter aktif.

Gambar di bawah ini menunjukkan tanggapan masing-masing jenis filter pasif.



Gambar 2.5 Tipe Filter dan Tanggapannya (*Response*)

Sumber: Kusuma, Sastra Wijaya, *Diktat Kuliah Elektronika I*, Departemen Fisika FMIPA UI.

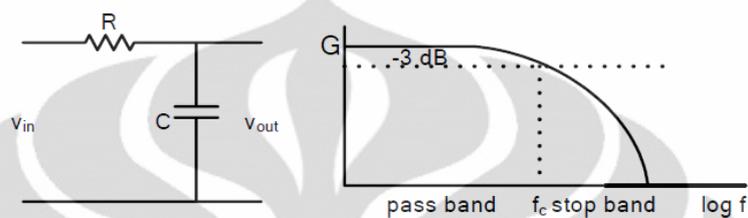
Berdasarkan tanggapan (*response*) frekuensinya, filter dikelompokkan menjadi 4 jenis yaitu:

1. Filter lolos rendah atau *Low Pass Filter* (LPF),
2. Filter lolos tinggi atau *High Pass Filter* (HPF),
3. Filter lolos rentang atau *Band Pass Filter* (BPF),
4. Filter tolak rentang atau *Band Stop Filter* atau *Nocth filter*.

Untuk membuat filter seringkali dihindari penggunaan induktor, terutama karena ukurannya yang besar. Sehingga umumnya filter pasif hanya menggunakan

R dan C saja. Frekuensi Cut-Off (f_c) adalah frekuensi keluaran yang amplitudonya turun 70,7% (-3dB) terhadap amplitudo frekuensi masukannya.

Filter lolos rendah atau *Low Pass Filter* (LPF) adalah filter yang hanya melewatkan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off (f_c). Di atas frekuensi tersebut outputnya mengecil (idealnya tidak ada).



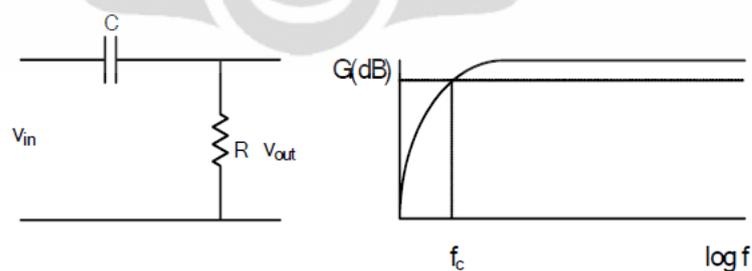
Gambar 2.6 LPF Pasif dan tanggapannya (*response*).

Sumber: Kusuma, Sastra Wijaya, *Diktat Kuliah Elektronika I*, Departemen Fisika FMIPA UI.

Untuk merancang filter ini bisa dipilih nilai R dan C berdasarkan persamaan:

$$f_c = 1 / 2\pi R C \quad (2.4)$$

Filter lolos tinggi *High Pass Filter* (HPF) adalah filter yang hanya melewatkan frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi cut-off (f_c). Di bawah frekuensi tersebut outputnya idealnya tidak ada.

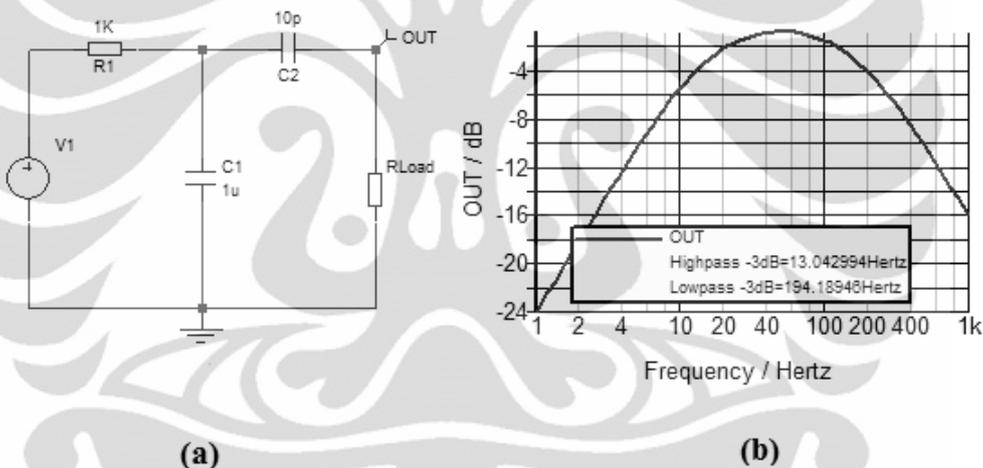


Gambar 2.7 HPF Pasif dan tanggapannya (*response*).

Sumber: Kusuma, Sastra Wijaya, *Diktat Kuliah Elektronika I*, Departemen Fisika FMIPA UI.

Untuk merancang filter ini juga bisa dipilih nilai R dan C berdasarkan persamaan 2.4.

Filter lolos rentang atau *band pass filter* (BPF) adalah gabungan dari filter lolos rendah dengan filter lolos tinggi. Gambar 2.8 memperlihatkan contoh rangkaian BPF dan tanggapannya. Band pass filter merupakan rangkaian filter yang hanya memperbolehkan frekuensi dengan rentang (band) tertentu untuk dapat melewatinya, dengan memberi redaman yang sangat besar pada frekuensi yang terlalu tinggi dan terlalu rendah. Pada dasarnya rangkaian band pass filter dibangun oleh low pass filter dan high pass filter yang disusun secara seri, sehingga rangkaian band pass filter memiliki dua frekuensi cut-off untuk High dan Low (f_{cH} dan f_{cL}).



Gambar 2.8 (a) Rangkaian Band Pass Filter, **(b)** respon Band Pass Filter

Sumber: <http://ilmu-elektronika.co.cc/index.php/arus-bolak-balik-ac/rangkaian-filter-penyaring-pasif.html>

Pada rangkaian band pass filter di atas, R_1 dan C_1 bertindak sebagai low pass filter. C_2 dan R_{Load} bertindak sebagai high pass filter. Hasil simulasi elektronika memperlihatkan kurva keluaran dari rangkaian band pass filter, dimana $f_{cH} = 194,19$ Hz dan $f_{cL} = 13,02$ Hz, sehingga bandwidth rangkaian adalah $BW = f_{cH} - f_{cL} = 194,19$ Hz $-$ $13,02$ Hz = $181,17$ Hz.

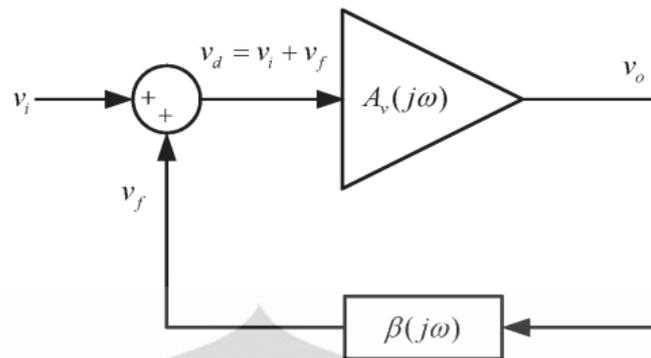
2.2.2 Pemancar (*transmitter*) sebagai pengusir

Pemancar ultrasonik ini berupa rangkaian yang memancarkan sinyal sinusoidal berfrekuensi di atas 20 kHz menggunakan sebuah *transducer transmitter* ultrasonik. Rangkaian pengusir ini terdiri dari rangkaian osilator LC yang dihubungkan ke sensor ultrasonik *transmitter* sebagai buzzer untuk mengarahkan sinyal yang dibangkitkan kepada binatang kecoa dan nyamuk.

2.2.2.1 Rangkaian Osilator LC

Rangkaian osilator adalah suatu rangkaian listrik yang dapat menghasilkan osilasi dari besaran listrik. Rangkaian ini terdiri atas rangkaian amplifier dan resonator. Rangkaian ini tidak membutuhkan masukan dari luar untuk menghasilkan sinyal listrik. Pada dasarnya, rangkaian osilator terdiri atas amplifier, pembatas amplitudo sinyal, penentuan nilai komponen resonator pada frekuensi yang telah ditentukan, dan resonator sebagai umpan balik positif. Biasanya, amplifier dalam rangkaian osilator ini dapat digunakan sebagai pembatas amplitudo sinyal, dan penentuan frekuensi dilakukan dengan menentukan nilai – nilai komponen dari resonatornya sebagai rangkaian umpan balik. Rangkaian umpan balik digunakan untuk mengembalikan sebagian sinyal keluaran ke masukan. Dalam hal osilator ini, umpan balik yang digunakan adalah umpan balik positif. Umpan balik positif terjadi ketika sinyal keluaran pada rangkaian umpan balik memiliki fase yang sama dengan sinyal masukan sehingga besar sinyalnya adalah sinyal keluaran dari resonator ditambah dengan sinyal masukan. Jika kondisi di atas tercapai, maka osilasi akan terjadi [1].

Rangkaian dasar umpan balik osilator ditunjukkan pada gambar 2.9. *Gain* dari amplifier tegangan disimbolkan oleh $A_v(j\omega)$, dan tegangan pada rangkaian umpan balik ditunjukkan oleh fungsi transfer $\beta(j\omega)$. *Gain* amplifier itu sendiri biasa disebut *gain* lup terbuka karena ini adalah *gain* antara v_o dan v_i ketika $v_f = 0$. *Gain* pada amplifier tersebut juga termasuk bilangan kompleks. Namun, pada beberapa osilator saat frekuensi osilasi, amplifier hanya bekerja pada daerah tertentu dimana $A_v(j\omega)$ bernilai tetap, dalam hal ini disimbolkan dengan A_{v0} .



Gambar 2.9 Rangkaian Dasar Umpan Balik

Sumber : Guillermo Gonzalez.(2007). *Foundation of Oscillator Circuit Design*. London : Artech House, Inc. : 2

Umpan balik pada diagram osilator tersebut adalah positif. Umpan balik ini akan mengembalikan sebagian sinyal keluaran ke sinyal masukan pada lup tertutup. Karena umpan balik yang digunakan adalah positif, maka sinyal masukan dan keluaran berada pada fase yang sama sehingga sinyalnya bertambah menjadi sinyal masukan ditambah dengan sinyal keluaran. Sinyal masukan disini disimbolkan dengan v_i dan sinyal keluaran disimbolkan dengan v_o . Untuk umpan balik positif, pergeseran fase yang timbul pada lup tertutup bernilai 360^0 atau sama dengan 0^0 .

Dari Gambar 2.9 didapat persamaan sebagai berikut,

$$v_o = A_v(j\omega) v_d \quad (2.5)$$

$$v_f = \beta(j\omega) v_o \quad (2.6)$$

dimana,

$$v_d = v_i + v_f \quad (2.7)$$

Dari persamaan (2.3) dan (2.4), maka didapat persamaan *gain* tegangan pada lup tertutup sebagai berikut,

$$A_v(j\omega) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_v(j\omega)}{1 - \beta(j\omega)A_v(j\omega)} \quad (2.8)$$

Bilangan $\beta(j\omega)A_v(j\omega)$ disebut sebagai *gain* lup.

Agar osilasi terjadi, sinyal keluaran harus ada tanpa diberikan masukan dari luar. Jadi, dengan menganggap $v_i = 0$ pada persamaan (2.8), maka penyebut pada persamaan *gain* lup tertutup juga disamakan dengan v_i sehingga,

$$1 - \beta(j\omega)A_v(j\omega) = 0$$

atau,

$$\beta(j\omega)A_v(j\omega) = 1 \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) menjelaskan bahwa untuk terjadi osilasi, maka nilai *gain* lup harus sama dengan satu. Pernyataan di atas disebut dengan kriteria *Barkhausen*.

Dengan menganggap $A_v(j\omega) = A_{vo}$, dimana

$$\beta(j\omega) = \beta_r(\omega) + j\beta_i(\omega)$$

dengan $\beta_r(\omega)$ dan $\beta_i(\omega)$ adalah bagian riil dan imajiner dari $\beta(j\omega)$, maka dapat dituliskan,

$$\beta_r(\omega)A_{vo} + j\beta_i(\omega)A_{vo} = 1 \quad (2.10)$$

Dengan menyamakan bagian real dan imajiner pada kedua sisi persamaan di atas, maka didapat,

$$\beta_r(\omega)A_{vo} = 1 \rightarrow A_{vo} = \frac{1}{\beta_r(\omega)} \quad (2.11)$$

dan

$$\beta_i(\omega) A_{v0} = 0 \rightarrow \beta_i(\omega) = 0 \quad (2.12)$$

karena $A_{v0} = 0$. Kondisi (2.11) dan (2.12) disebut sebagai kriteria *Barkhausen* dalam bentuk *rectangular* untuk $A_v(j\omega) = A_{v0}$. Kondisi (2.11) disebut sebagai kondisi *gain*, dan kondisi (2.12) disebut sebagai kondisi osilasi. Pada kondisi (2.12) menjelaskan bahwa pergeseran fase disekitar lup tertutup adalah 0^0 atau kelipatan 360^0 [2].

Rangkaian osilator memiliki banyak jenis, seperti osilator kristal, osilator RC, dan osilator LC. Dalam kesempatan ini penulis menggunakan osilator LC. Osilator LC adalah sebuah rangkaian osilator listrik dimana resonatornya menggunakan komponen pasif kapasitor dan induktor. Osilator ini memiliki frekuensi kerja sekitar 1 – 500 MHz [11]. Rangkaian amplifier yang digunakan untuk setiap resonator berbeda, tergantung jenis resonator yang digunakan. Komponen aktif yang digunakan sebagai amplifier untuk frekuensi kerja di atas 1 MHz yaitu transistor BJT dan FET. Dalam rancangan alat ini penulis menggunakan transistor jenis BJT. Tipe transistor BJT yang digunakan oleh penulis untuk semua rangkaian amplifier osilator adalah *2N3904*, karena mudah didapat dan dapat digunakan sebagai amplifier pada frekuensi 100 MHz [2].

Berikut akan dibahas mengenai elemen penyusun rangkaian osilator yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Induktor

Induktor adalah sebuah komponen elektronika bersifat pasif yang dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet yang dikarenakan arus listrik yang melewatinya[3]. Biasanya induktor terbuat dari kawat yang berbentuk kumparan, sehingga kumparannya membantu membuat medan magnet yang kuat pada kumparan tersebut dikarenakan hukum induksi *Faraday*. Komponen induktor ini biasanya digunakan pada rangkaian listrik yang menggunakan arus dan tegangan bolak-balik (AC) karena mampu memproses arus dan tegangan bolak-balik (AC). Satuan yang biasa digunakan pada induktor adalah *Henry* (H). Secara kuantitatif, nilai induktor dapat ditentukan dengan persamaan berikut,

$$L = \frac{N\phi}{i} \quad (2.13)$$

dimana, L = nilai induktansi (H)

N = jumlah lilitan kumparan

Φ = fluks magnetik yang melalui lup (Wb)

i = arus (A)

Induktor memiliki simbol skematik yang biasa digunakan pada rangkaian listrik sebagai berikut,



Gambar 2.10 Simbol Induktor

Sama halnya dengan resistor, induktor dapat dipasang secara seri atau parallel pada suatu rangkaian listrik. Persamaan induktansi totalnya sama dengan persamaan resistor yang dihubungkan secara seri atau paralel pada rangkaian listrik. Jika induktor dihubungkan secara seri seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut,

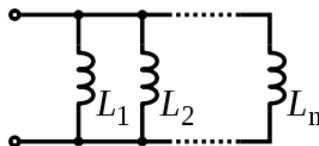


Gambar 2.11 Induktor Dihubung Seri

maka, persamaan induktansi totalnya adalah sebagai berikut,

$$L_{Total_Seri} = L_1 + L_2 + \dots + L_n \quad (2.14)$$

Sedangkan, jika induktor dihubungkan secara paralel seperti pada gambar berikut,



Gambar 2.12 Induktor Dihubung Paralel

maka, persamaan induktansi totalnya adalah sebagai berikut,

$$\frac{1}{L_{Total_Paralel}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad (2.15)$$

Saat digunakan pada rangkaian listrik yang menggunakan tegangan AC, induktor akan bersifat menghambat pada rangkaian tersebut. Sifat tersebut biasa disebut dengan reaktansi induktif (X_L) yang memiliki satuan *ohm*. Besar reaktansi induktif tergantung pada nilai frekuensi tegangan yang melewati induktor tersebut. Besar nilai reaktansi induktif ini sebanding dengan frekuensi yang melewatinya. Berikut persamaan reaktansi induktif sebagai fungsi frekuensi,

$$X_L = \omega L = (2\pi f) L \quad (2.16)$$

dimana: f = frekuensi (Hz)

L = induktor (H)

$\pi = 3,14$

X_L = reaktansi induktif (ohm)

Semakin besar frekuensi yang melewati induktor tersebut, maka reaktansinya juga akan semakin besar. Reaktansi akan bersifat resistif seperti resistor biasa. Namun, nilai hambatannya tidak tetap seperti resistor biasa. Nilainya akan berubah sebanding dengan frekuensi yang melewatinya [6].

Kapasitor

Kapasitor adalah sebuah komponen elektronika bersifat pasif yang dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik[3]. Pada dasarnya kapasitor

berbentuk dua pelat yang sejajar, dan di antara dua pelat sejajar tersebut terdapat bahan isolator agar tidak terhubung singkat. Komponen kapasitor ini biasanya digunakan pada rangkaian listrik dengan tegangan dan arus bolak – balik (AC), karena tegangan dan arus searah (DC) tidak dapat melewati kapasitor. Ini disebabkan adanya bahan isolator di dalam kapasitor tersebut. Satuan yang biasa digunakan pada kapasitor adalah *Farad* (F). Secara kuantitatif, nilai kapasitor dapat ditentukan dengan persamaan berikut,

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \quad (2.17)$$

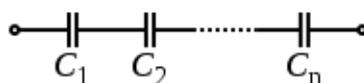
dimana, C = nilai kapasitor (F)
 ε = permitivitas dielektrik
 A = luas pelat (m^2)
 d = jarak kedua pelat (m)

Kapasitor memiliki symbol skematik yang biasa digunakan pada rangkaian listrik sebagai berikut,

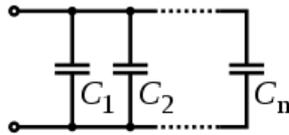


Gambar 2.13 Simbol Kapasitor

Kapasitor juga dapat dipasang secara seri atau paralel seperti resistor atau induktor, tetapi persamaan kapasitansi totalnya berbeda dengan resistor atau induktor. Jika kapasitor dihubungkan secara seri atau paralel, maka skematik dan persamaannya adalah sebagai berikut,



Gambar 2.14 a.) Kapasitor Dihubung Seri



Gambar 2.14 b.) Kapasitor Dihubung Paralel

dimana persamaan kapasitansi total seri dan paralel pada Gambar 2.14a dan 2.14b adalah,

$$\frac{1}{C_{Total_Seri}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (2.18)$$

$$C_{Total_Paralel} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (2.19)$$

Sama halnya dengan induktor, kapasitor biasanya digunakan pada rangkaian listrik AC. Jika sinyal listrik dengan frekuensi tertentu melewati kapasitor, maka akan timbul reaktansi kapasitif pada kapasitor (X_C). Hubungan antara reaktansi kapasitif, kapasitor, dan frekuensi adalah sebagai berikut,

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{(2\pi f)C} \quad (2.20)$$

dimana: f = frekuensi (Hz)

C = kapasitor (F)

$\pi = 3,14$

X_C = reaktansi induktif (ohm)

Terlihat pada persamaan (2.20) bahwa besar frekuensi yang melewati kapasitor berbanding terbalik dengan reaktansi kapasitif. Jadi, semakin besar frekuensi yang melewati kapasitor, semakin kecil reaktansi kapasitif dari kapasitor tersebut [5].

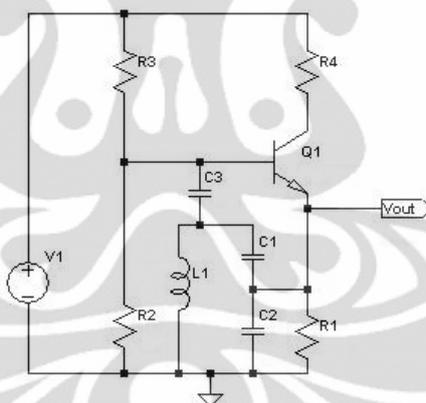
Dari landasan teori ini pula kita dapat mengatur komponen penyusun suatu rangkaian osilator, yaitu jika ingin menghasilkan frekuensi osilasi yang dimulai dari nilai terkecil, kita gunakan nilai komponen kapasitor yang paling kecil pula.

Dengan kata lain, kita memanfaatkan rangkaian osilator LC yang berfungsi sebagai sensor kapasitif.

2.2.2.2 Rangkaian Osilator LC Tipe Colpitts

Banyak sekali jenis rangkaian osilator yang menggunakan resonator LC, tergantung konfigurasi resonator dan amplifiernya. Berikut ini akan dibahas mengenai rangkaian osilator LC tipe Colpitts sebagai pemancar gelombang ultrasonik.

Osilator tipe Colpitts ini memiliki rangkaian amplifier *Common-Collector* karena titik *ground* dari rangkaian terletak pada kaki *collector* transistor. Berikut skematik rangkaian dari osilator tipe Colpitts yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika sederhana.

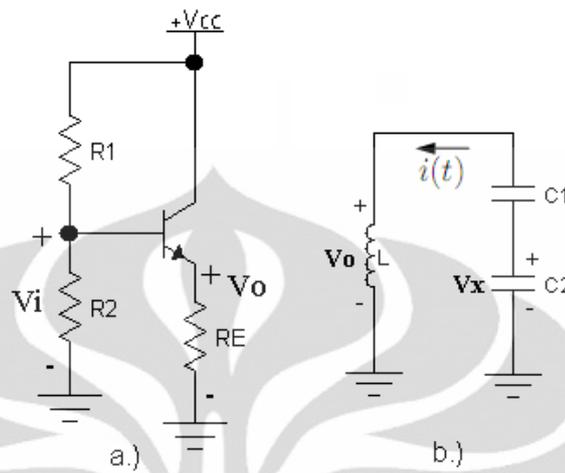


Gambar 2.15 Rangkaian Osilator Tipe Colpitts

Rangkaian osilator tipe ini terdiri atas resonator LC dan amplifier *Common-Collector*. Jika masing-masing rangkaian diamati, maka akan terlihat jelas mengapa resonator tipe ini harus menggunakan amplifier *Common-Collector*.

Skematik dari amplifier *Common-Collector* dan resonator tipe Colpitts ditunjukkan pada gambar 2.16. Pada Gambar 2.16a yaitu amplifier *Common-Collector* memiliki karakteristik yaitu besar penguatannya sama dengan 1 dan

beda fase antara sinyal masukan dan keluaran adalah sama dengan 0^0 atau kelipatan 360^0 .



Gambar 2.16 a.) Amplifier Tipe *Common-Collector* dan b.) Resonator Tipe Colpitts

Berikut persamaannya,

$$\begin{aligned}
 V_{BB} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \\
 I_E &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_E} \\
 r'_e &= \frac{25mV}{I_E}
 \end{aligned}
 \tag{2.21}$$

$$v_{in} = i_e (R_E + r'_e)$$

$$v_{out} = i_e (R_E)$$

dimana, $R_E \gg r'_e$

sehingga,

$$\text{gain CC} = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{R_E}{R_E + r'_e} \approx 1
 \tag{2.22}$$

Terlihat pada persamaan (2.22), besar *gain* dari amplifier tipe ini yaitu sama dengan 1. Selain itu, amplifier tipe ini tidak mengalami pergeseran fase antara sinyal masukan dan keluaran [6,8].

Pada Gambar 2.16b mengenai resonator tipe Colpitts, diasumsikan tegangan pada L adalah v_o , tegangan pada C_2 adalah v_x , dan arah arus $i(t)$ yaitu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11b, maka dapat dituliskan

$$L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C_1} \int_0^t i dt + \frac{1}{C_2} \int_0^t i dt = 0$$

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = 0$$

$$LC \frac{d^2 i}{dt^2} + i = 0 \quad (2.23)$$

dimana,

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Solusi umum untuk persamaan diferensial (2.23) adalah

$$i(t) = k_1 e^{\frac{j}{\sqrt{LC}}t} + k_2 e^{-\frac{j}{\sqrt{LC}}t} \quad (2.24)$$

Nilai konstanta k_1 dan k_2 bergantung pada keadaan awal. Dengan menganggap keadaan awal $i(0) = 0$ dan $\frac{di(0)}{dt} = 0$, maka didapat solusi umum pada kondisi awal yaitu

$$i(t) = \frac{i_0}{2} \left(e^{\frac{j}{\sqrt{LC}}t} + e^{-\frac{j}{\sqrt{LC}}t} \right) = i_0 \cos \frac{1}{\sqrt{LC}} t \quad (2.25)$$

Kembali pada Gambar 2.16b, maka didapatkan persamaan v_x dan v_o yaitu

$$v_x(t) = -\frac{1}{C_2} \int_0^t i dt = -\frac{1}{C_2} \frac{i_0}{\frac{1}{\sqrt{LC}}} \sin \frac{1}{\sqrt{LC}} t \quad (2.26)$$

$$v_o(t) = L \frac{di}{dt} = -Li_0 \frac{1}{\sqrt{LC}} \sin \frac{1}{\sqrt{LC}} t \quad (2.27)$$

Maka didapat rasio maksimum antara v_o dan v_x (*gain*) adalah

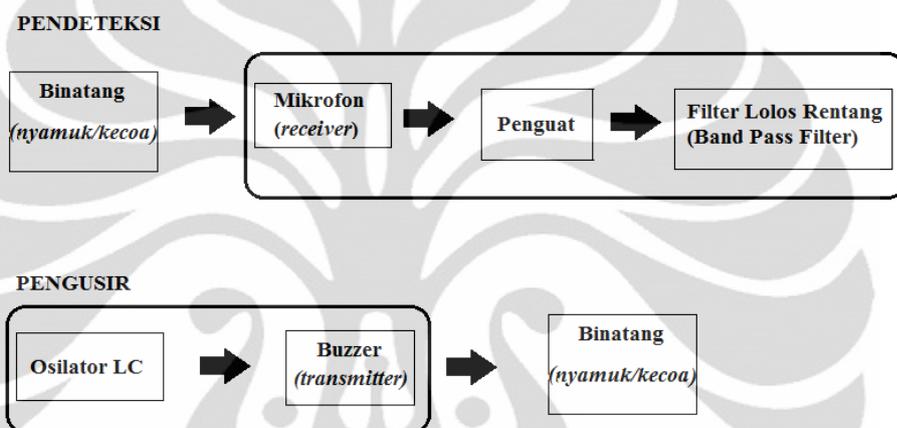
$$\text{gain Colpitts} = \frac{v_o}{v_x} = \frac{Li_0 \frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{1}{C_2} \frac{i_0}{\frac{1}{\sqrt{LC}}}} = \frac{LC_2}{LC} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} > 1 \quad (2.28)$$

Terlihat pada persamaan *gain* dari resonator Colpitts ini bernilai positif dan nilainya lebih besar dari 1. Jadi, pergeseran fase yang timbul dari resonator Colpitts antara sinyal masukan dan keluaran ini adalah 0° atau kelipatan 360° [6]

BAB 3

PERANCANGAN DAN EKSPERIMEN RANGKAIAN PENDETEKSI DAN PENGUSIR BINATANG

Secara garis besar perancangan alat pendeteksi dan pengusir kecoa dan nyamuk ditunjukkan oleh diagram blok seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.1 Blok diagram rancangan alat pendeteksi dan pengusir kecoa dan nyamuk

Pada awalnya rancangan ini dibuat terlebih dahulu dengan menggunakan software Electronics Workbench 5.12 untuk mendapatkan simulasi ideal dari kisaran nilai-nilai komponen yang digunakan. Selain itu juga disesuaikan dengan teori dasar dan komponen yang tersedia di pasaran.

Rancangan alat ini terdiri dari 2 bagian utama:

1. Rangkaian pendeteksi binatang kecoa dan nyamuk
2. Rangkaian pengusir binatang dan nyamuk

dan 2 alat pengukur dalam pengambilan data dan pengamatan, yaitu:

1. Multimeter digital. Dalam penelitian ini lebih dikenal sebagai frekuensimeter. Alat ini berfungsi untuk menunjukkan nilai frekuensi yang

terukur oleh pendeteksi binatang kecoa dan nyamuk, juga untuk mengetahui kisaran nilai frekuensi yang dapat membuat kecoa atau nyamuk menjauh. Hal ini dilakukan karena data pengamatan yang diperlihatkan secara grafik oleh osiloskop tidak dapat ditentukan secara pasti, karena dihasilkan bentuk gelombang tidak stabil dengan frekuensi yang sulit ditentukan secara sehingga perlu dilakukan pengukuran secara digital.



Gambar 3.2 Multimeter Digital, SANWA

Spesifikasi multimeter ini adalah:

- ✓ 3-3 / 4 digits 4000 count
- ✓ 0.7% best accuracy
- ✓ Capacitance measurement
- ✓ Not suitable for measuring condensers with large leak current
- ✓ Frequency measurement (AC sine wave only)
- ✓ Data hold / Range hold
- ✓ Relative value
- ✓ Auto power off (30min.) (cancelable)
- ✓ Low power ohm (input voltage 0.4V) at continuity range
- ✓ Solid & protective body cover that can also be used as a tilt stand
- ✓ Chip holder behind the body cover
- ✓ Display : numeral display 4000

- ✓ Sampling rate : 3 times / sec.

AC frequency bandwidth

45-500Hz (4V range)

45-1KHz (40V range and above)

Multimeter ini dapat mengukur frekuensi, kapasitansi, resistansi, tegangan dan juga arus. Dengan menggunakan multimeter ini, kita dapat mengamati dan memperoleh data nilai frekuensi yang dapat berfungsi untuk mengusir kecoa dan nyamuk dari variasi nilai frekuensi yang dipancarkan oleh rangkaian osilator LC.

2. Osiloskop. Alat ini menampilkan grafik sinyal masukan dan keluaran dari masing-masing rangkaian, baik pendeteksi maupun pengusir. Pada saat pengamatan, osiloskop akan menunjukkan kisaran nilai frekuensinya dalam bentuk grafik. Lihat gambar 3.3.



Gambar 3.3 Osiloskop

Binatang yang menjadi bahan penelitian dalam perancangan alat ini adalah kecoa dan nyamuk, yaitu rentang frekuensi pendengaran di bawah 40 kHz (lihat tabel 2.1). Sayap nyamuk bergerak 600 kali per detik, dengan kata lain menghasilkan frekuensi sekitar 600 Hz. Kemudian dari banyaknya penelitian dan

data yang berhasil dihimpun, ada standarisasi frekuensi yang dihasilkan oleh pergerakan sayap nyamuk.

Tabel 3.1 Hasil Standarisasi Frekuensi yang dihasilkan oleh sayap nyamuk

No.	Bibliografi	Hasil Standarisasi
1	Entomology for Kids. University of Kentucky. 31 May 2000	450 – 600 Hz
2	“Mosquito”. <i>World Book</i> . Chicago: World Book, 1989: 835	1000 Hz
3	Duncan, Juli. <i>Insect and Spiders</i> , Virginia: Time-Life, 1990:15	600 Hz
4	White, William. <i>A Mosquito is Born</i> , New York : Sterling, 1978 : 21	250 - 600 Hz
5	Culex, Pipiens Pallens. Singapore Science Centre: 15 April 1996	500 - 600 Hz

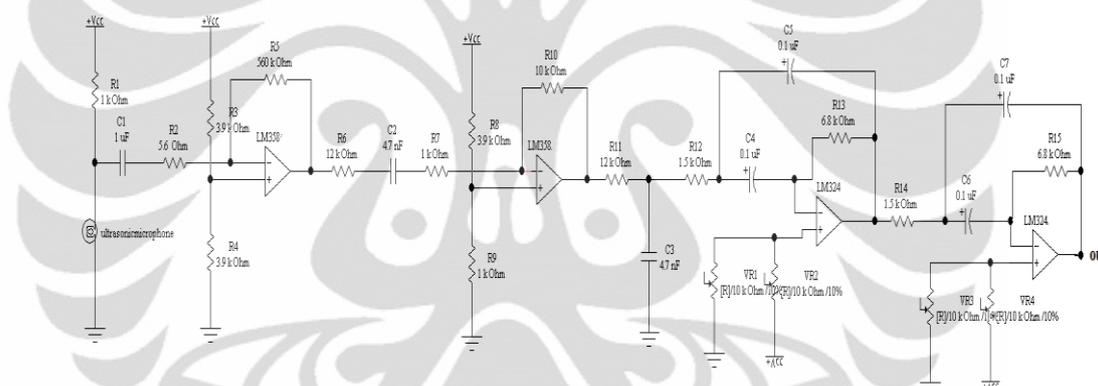
Kecoa adalah serangga dengan bentuk tubuh oval, pipih dorso-ventral, kepalanya tersembunyi di bawah pronotum, dilengkapi dengan sepasang mata majemuk dan satu mata tunggal, antenna panjang, sayap dua pasang, dan tiga pasang kaki. Pronotum dan sayap licin, tidak berambut dan tidak bersisik, berwarna coklat sampai coklat tua.

Kebanyakan kecoa dapat terbang, tergolong pelari cepat (*cursorial*), dapat bergerak cepat dan aktif pada malam hari. Dalam satu detik, ketiga pasang kaki kecoa dapat melangkah 25 kali. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa kecoa dapat menghasilkan frekuensi sekitar 25 Hz. Aktivitas kecoa yang dideteksi mungkin bisa lebih dari gerakan yang dihasilkan oleh kakinya saja. Hal ini disebabkan oleh karena kecoa dapat merusak pakaian, buku-buku dan mencemari makanan. Kemungkinan dapat menularkan penyakit secara mekanik karena

pernah ditemukan telur cacing, protozoa, virus dan jamur yang patogen pada tubuh kecoa.

3.1 Perancangan Rangkaian Pendeteksi.

Terdiri dari mikropon dan rangkaian pengkondisi sinyal. Alat penangkap sinyal analog yang berasal dari nyamuk atau kecoa harus memiliki sensitivitas yang tinggi dikarenakan sinyal tersebut berupa gelombang ultrasonik yang tidak dapat ditangkap oleh pendengaran manusia. Rangkaian yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 3.4.

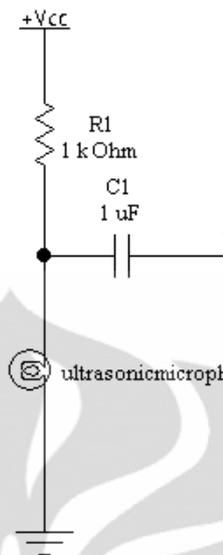


Gambar 3.4 Rangkaian pendeteksi binatang kecoa dan nyamuk

Rangkaian di atas terdiri dari 3 bagian utama.

3.1.1 Mikropon (*Microphone*)

Mikropon ultrasonik (gambar 3.5), yaitu berfungsi untuk menangkap sinyal yang dipancarkan oleh sayap nyamuk dan antena kecoa. Penulis menggunakan *receiver* ultrasonik karena jika menggunakan mikropon biasa ataupun *electret mikropon*, suara yang ditangkap tidak dapat diterima dengan baik. Pemasangan mikropon ditunjukkan seperti gambar rangkaian 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Pemasangan mikropon pada rangkaian pendeteksi

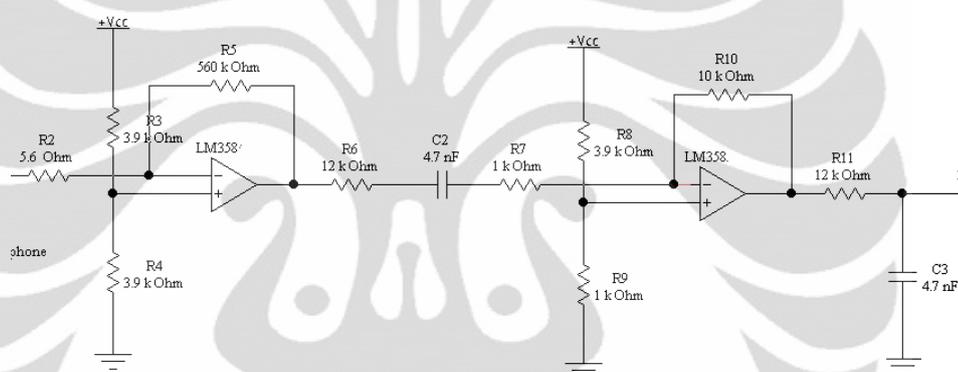
Rangkaian ini menggunakan *receiver* ultrasonik, yaitu *mikropon* yang sensitivitasnya tinggi, dapat menangkap sinyal ultrasonik yaitu di atas 20 kHz sampai 20 MHz. Mikropon ini lebih sering dikenal sebagai sensor ultrasonik, karena langsung mengubah sinyal suara menjadi suatu nilai yang dapat diukur. Karena menggunakan sensor ultrasonik sebagai penerima sinyal (*receiver*), maka digunakan juga pasangannya yaitu buzzer ultrasonik untuk memancarkan sinyal (*transmitter*) nantinya.



Gambar 3.6 *Ultrasonic sensor (receiver dan transmitter)* sebagai penerima dan pemancar sinyal dalam rangkaian pendeteksi dan pengusir kecoa dan nyamuk.

3.1.2 Rangkaian Penguat (*Amplifier*)

Penguat inverting, dengan menggunakan IC LM 358, penguatan dilakukan sebanyak dua kali. Sinyal bolak-balik dari mikrofon masih sangat lemah, oleh karena itu perlu diperkuat oleh rangkaian penguat non-inverting kemudian difilterisasi. Penguatan dan filter RC dilakukan sebanyak dua kali, baru kemudian masuk ke band-pass filter. Gambar 3.7 menunjukkan rangkaian penguat inverting dua tingkat.



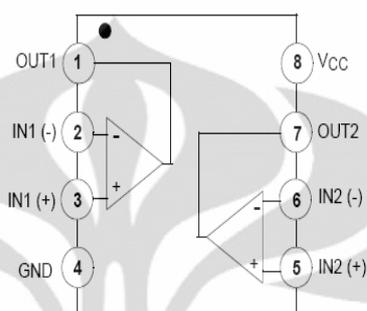
Gambar 3.7 Rangkaian penguat pada bagian pendeteksi

Besar penguatan pertama dapat diatur dengan menentukan nilai R_2 dan R_5 (penguatan = R_5/R_2). Sehingga penguatan pertama adalah 10000 kali. Sedangkan besar penguatan kedua dapat diatur dengan menentukan nilai R_7 dan R_{10} (penguatan = R_{10}/R_7). Sehingga besar penguatan kedua adalah 10 kali. Total penguatan adalah 100000 kali. Nilai penguatan tersebut adalah secara teoritis atau nilai penguatan yang ideal, tidak sama dengan nilai praktis atau penguatan yang terukur pada eksperimen[4].

R_3 dan R_4 untuk set offset rangkaian non-inverting pertama, sedangkan R_8 dan R_9 untuk set offset rangkaian non-inverting kedua. R_6 dan C_2 merupakan filter RC berfungsi untuk mengurangi ripple dan menghilangkan noise 50 Hz, selain itu R_6 juga berfungsi menjaga penguat dari *shortcircuited* pada keluaran. Demikian

juga untuk rangkaian non-inverting kedua R_{11} dan C_3 memiliki fungsi yang sama seperti R_6 dan C_2 .

Jenis IC yang digunakan pada rangkaian penguat inverting adalah IC LM358. Berikut adalah skematik dari LM 358.



Gambar 3.8 Internal diagram blok LM358

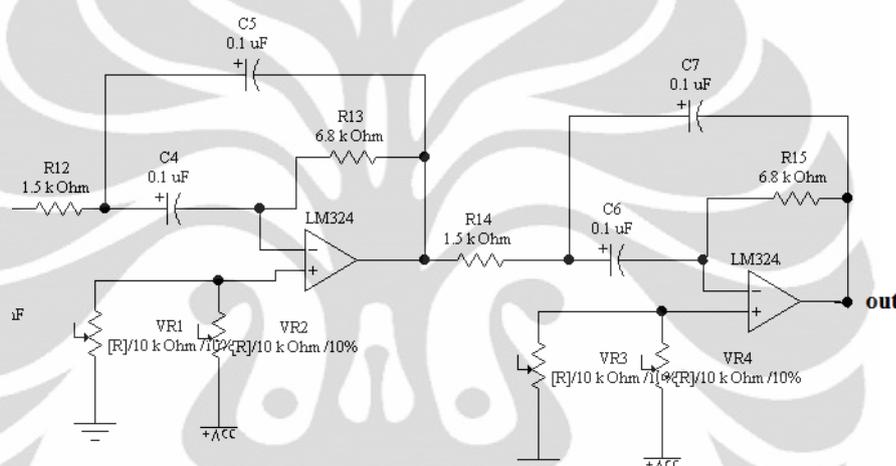
Dalam satu IC LM358 terdapat dua buah op-amp, dengan tegangan sumber yang dapat diberikan ± 16 atau 32 V. Alasan digunakan IC LM358 adalah karena IC ini secara khusus didesain untuk dapat beroperasi dari single power supply dengan range tegangan yang lebar.

3.1.3 Band Pass Filter

Band-pass filter dibuat dengan menggunakan IC LM 324. Sinyal yang disaring (*filter*) yaitu, sesuai dengan studi literatur bahwa nyamuk menghasilkan kisaran frekuensi 250 Hz sampai 1 kHz. Gambar 3.9 menunjukkan rangkaian band pass filter yang digunakan dalam penelitian ini.

Band pass filter yang digunakan adalah *multiple-feedback active band-pass filter*. Alasan penggunaannya adalah karena rangkaian band pass filter dengan multiple feedback memberikan respon yang lebih baik untuk menghasilkan quality factor (Q) mencapai 10. Dengan mengumpan balikkan output band-pass filter pertama ke input band-pass filter kedua, maka diperoleh *multiple-feedback active band-pass filter* orde dua. R_{12} dan C_5 untuk respon low pass pada rangkaian band-pass filter pertama, R_{14} dan C_7 untuk respon low pass

pada rangkaian band-pass filter kedua. Sedangkan R_{13} dan C_4 untuk respon high pass pada rangkaian band-pass filter pertama, R_{15} dan C_6 untuk respon high pass pada rangkaian band-pass filter kedua. $VR_1 - VR_2$ dan $VR_3 - VR_4$ merupakan penguat operatif yang dihubungkan sebagai penguat diferensial pada masing-masing band-pass filter, berfungsi untuk mengangkat gelombang output terakhir hingga tergeser ke arah positif sebesar V_p volt. Untuk memperoleh respon frekuensi yang bagus dan noise yang rendah, nilai toleransi komponen sangat penting.



Gambar 3.9 Rangkaian Band Pass Filter pada bagian pendeteksi

Nilai-nilai resistor pada rangkaian band-pass filter diatas diperoleh dengan melakukan perhitungan terpisah antara low pass filter dan high pass filter dengan menggunakan persamaan 2.4.

High Pass Filter

$$f_{c1} = 250 \text{ Hz}$$

$$C_4 = 0.1 \mu\text{F}$$

$$R_{13} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 250 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 6.3 \text{ k}\Omega$$

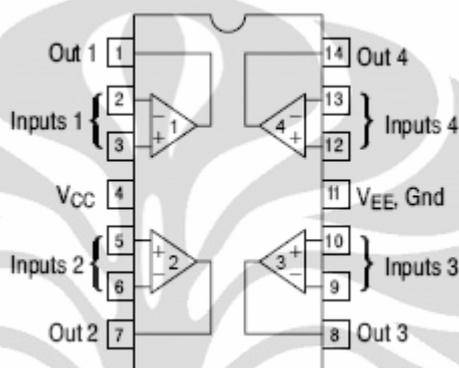
Low Pass Filter

$$f_{c2} = 1 \text{ kHz}$$

$$C_5 = 0.1 \mu\text{F}$$

$$R_{14} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 1000 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 1.5 \text{ k}\Omega$$

Gambar 3.10 menunjukkan skematik sederhana (tampak atas) dari sebuah IC Op-Amp type LM324.



Gambar 3.10 IC Op-Amp type LM324

Rangkaian band-pass filter menggunakan IC operational amplifier LM324. Penggunaan IC LM324 ini dikarenakan memiliki kelebihan dibandingkan jenis op-amp standar lainnya yaitu terdiri dari 4 amplifier dalam satu IC dengan sumber tegangan tunggal yang masing-masing dapat beroperasi pada sumber tegangan 3 V sampai 32 V dan arus bias yang sangat kecil yaitu maksimal 100 nA. Dengan penggunaan IC LM324 ini diharapkan kontribusi kesalahan yang timbul akibat noise dapat diminimalisir.

3.2 Perancangan Rangkaian Penguir

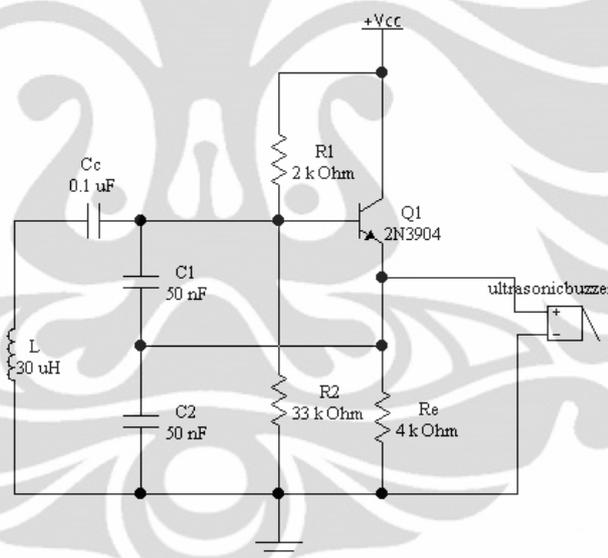
3.2.1 Perancangan Rangkaian Osilator LC Tipe Colpitts

Untuk membuat rangkaian osilator LC harus diperhitungkan terlebih dahulu komponen apa saja yang akan digunakan, berapa nilai komponen yang akan digunakan, dan lain sebagainya. Selain itu juga perlu mengetahui keadaan lainnya seperti mengetahui bagaimana keadaan suplai yang akan digunakan dan

juga ketersediaan komponen yang ada. Dalam penelitian ini akan dirancang Osilator LC tipe Colpitts yang akan digunakan sebagai sensor kapasitif.

Untuk merancang rangkaian osilator harus mengetahui terlebih dahulu frekuensi osilasi yang akan digunakan. Pada kesempatan ini, penulis akan merancang osilator pada frekuensi osilasi sebesar 1 MHz.

Langkah awal yaitu menentukan nilai kapasitor $C_1 = C_2 = 1,5 \text{ nF}$ dengan syarat nilai $C_1 > C_{be}$, agar nilai C_{be} bisa diabaikan. C_{be} adalah nilai kapasitansi pada transistor diantara kaki *base* dan *emitter*, biasanya nilai C_{be} adalah 25 pF. Dan untuk menentukan nilai C_2 , nilai reaktansi dari C_2 harus lebih kecil dari hambatan yang terdapat kaki *emitter* (R_E), sehingga arus yang lewat lebih besar pada C_2 .



Gambar 3.11 Rangkaian Osilator Tipe Colpitts dengan Transistor BJT *2N3904* sebagai pemancar sinyal untuk mengusir kecoa dan nyamuk.

Setelah itu, menentukan nilai induktor (L) yang akan digunakan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut,

$$L = \frac{1}{(2\pi f_o)^2 \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right)} \approx 33 \mu H \quad (3.1)$$

dimana, f_0 = frekuensi osilasi (Hz)

$$\pi = 3,14$$

L = induktor (H)

Namun, dalam eksperimen nilai induktor yang tersedia yaitu 10 μ H. Jadi, induktor yang digunakan yaitu bernilai 3 buah induktor bernilai 10 μ H yang dihubungkan seri.

Pada kesempatan ini, penulis akan merancang amplifier *common-collector* dengan menggunakan komponen aktif transistor BJT tipe *2N3904*. Dengan membaca *datasheet* dari transistor tipe ini, penulis mengambil nilai h_{FE} atau β (*gain*) yaitu 70. Nilai h_{FE} ini akan beroperasi pada $I_C = 1$ mA dan $V_{CE} = 1$ volt. Tegangan suplai DC yang diberikan (V_{CC}) adalah 5 volt. Setelah menentukan titik operasi kerja transistor yang akan digunakan, yaitu menentukan nilai hambatan *emitter* (R_E). Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan R_E ,

$$R_E = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = 4K\Omega \quad (3.2)$$

Setelah itu menentukan nilai R_1 dan R_2 dengan menggunakan persamaan berikut,

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 14.3\mu A$$

dengan memberikan ketentuan sebagai berikut,

$$I_{R_1} \approx I_{R_2} = 10I_B = 143\mu A$$

maka didapat

$$R_1 = \frac{V_{CC} - (V_E + 0.7)}{I_{R_1}} \approx 2K\Omega \quad (3.3)$$

$$R_2 = \frac{V_E + 0.7}{I_{R_2}} \approx 33K\Omega \quad (3.4)$$

Kapasitor sebagai *coupling* sinyal AC dapat diberikan dengan nilai 0.1 μ F. Alasannya yaitu agar nilai reaktansi dari kapasitor *coupling* ini dibuat seminimal mungkin supaya tidak terlalu mempengaruhi kinerja osilator yang telah dibuat [1].

3.2.2 Buzzer ultrasonik (*transmitter*)

Sensor ini digunakan sebagai buzzer karena sebelumnya penulis sudah menggunakan *receiver* ultrasonik sebagai mikropon. Pemakaian pasangan sensor ini diharapkan dapat meningkatkan daya tangkap rangkaian terhadap sinyal.



Gambar 3. 12 Bentuk fisik rangkaian pendeteksi dan pengusir kecoa dan nyamuk

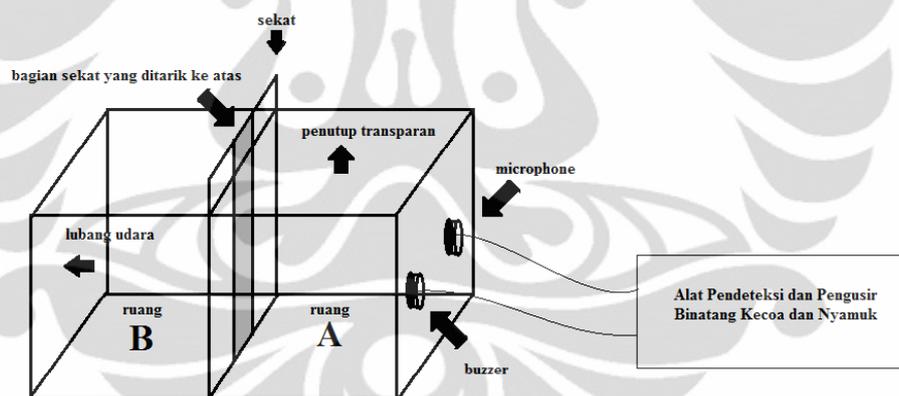
Kedua rangkaian dapat digunakan secara bersamaan, namun karena keterbatasan alat pengukur, untuk memperoleh data pengamatan digunakan secara bergantian. Hal ini dikarenakan bahwa frekuensimeter yang digunakan hanya dapat menampilkan satu nilai untuk satu bagian alat, pendeteksi atau pemancar saja. Bentuk fisik keseluruhan rancangan alat dalam penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 3.12.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan alat pendeteksi dan pengusir kecoa dan nyamuk dilakukan di dalam laboratorium sedangkan konstruksi pengamatan khusus terhadap kecoa dan nyamuk dapat dilakukan di luar laboratorium. Gambaran pengamatan diperlihatkan oleh gambar 4.1. Nyamuk dan kecoa ditempatkan dalam suatu wadah yang diberi sekat. Alat pendeteksi mendeteksi adanya kecoa atau nyamuk dengan nilai ukur yang ditunjukkan oleh multimeter digital.

Ukuran kotak keseluruhan: $20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 9000 \text{ cm}^3$. Kotak dibagi menjadi dua ruangan, A dan B, di tengahnya diberi sekat/pemisah yang dapat ditarik ke atas.



Gambar 4.1 Konstruksi Pengamatan

Ketika diberi gangguan sinyal, setelah beberapa menit sekat akan dibuka sehingga binatang akan berpindah dari ruang A ke ruang B. Variasi nilai kapasitansi yang diambil akan diamati pengaruhnya pada binatang kecoa dan nyamuk. Secara bergantian pengamatan dilakukan dan diambil data pengukuran kapasitansi dan frekuensi, untuk kecoa dan untuk nyamuk.

Dari variasi nilai kapasitansi akan menghasilkan nilai frekuensi osilasi yang dihasilkan juga. Dengan demikian kita akan dapat mengamati kisaran nilai

frekuensi yang mengganggu indera binatang nyamuk atau kecoa. Nilai yang diubah adalah kapasitor C_1 dan atau C_2 . Dari perubahan nilai tersebut akan didapatkan hubungan antara frekuensi dengan kapasitansi. Komponen yang digunakan adalah kapasitor nonpolar, yang dipasang secara bergantian pada rangkaian pengusir.

Osilator LC yang komponen penyusun utamanya adalah L (induktor) dan C (kapasitor) akan membangkitkan suatu gelombang tertentu, dalam penelitian ini, osilator LC dibuat pertama-tama untuk menghasilkan frekuensi 1 MHz dan selanjutnya dalam rentang frekuensi 0-100 kHz. Dalam eksperimen dapat dihasilkan frekuensi osilasi yang mendekati 140 kHz, yaitu jangkauan frekuensi ultrasonik yang akan mengganggu indera binatang kecoa atau nyamuk. Frekuensi osilasi sebesar 1 MHz juga akan diujicobakan pada kecoa dan nyamuk. Sebelum digunakan langsung pada binatang, terlebih dahulu rangkaian pendeteksi dan pengusir diuji di laboratorium sehingga data pengamatan terhadap respon kecoa dan nyamuk dapat langsung diambil dengan menggunakan multimeter atau frekuensimeter.

4.1 Analisis Rangkaian Pendeteksi

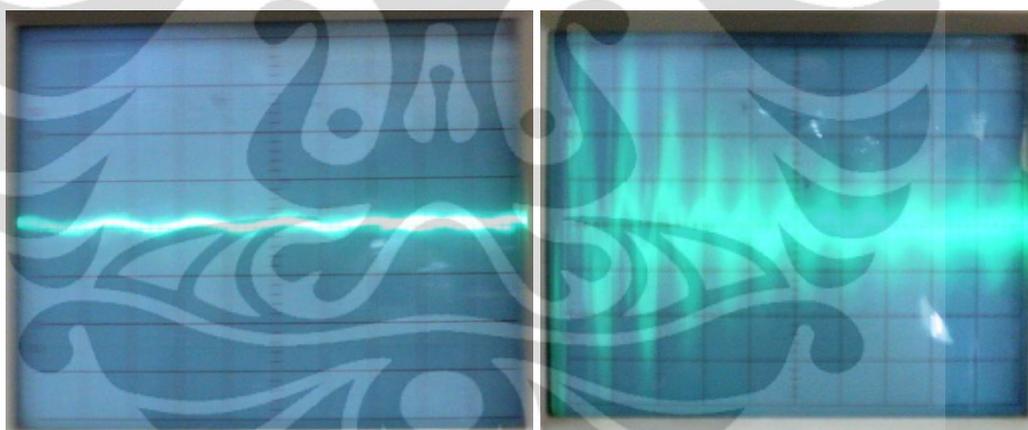
Rangkaian pendeteksi terdiri dari mikropon, penguat (*amplifier*), dan filter lolos rentang (*band pass filter*).

4.1.1 Analisis Rangkaian Mikropon

Mikropon adalah suatu jenis transduser yang mengubah energi-energi akustik (gelombang suara) menjadi sinyal listrik. Mikropon terbuat dari sebuah diafragma berbahan magnetik. Cara kerjanya berdasarkan gerakan diafragma magnetik tersebut. Jika tekanan udara dalam diafragma meningkat karena adanya getaran suara, maka celah udara dalam rangkaian magnetik tersebut akan berkurang, akibatnya reluktansi semakin berkurang dan menimbulkan perubahan-perubahan magnetik yang terpusat di dalam struktur magnetik. Perubahan-perubahan tersebut menyebabkan perubahan sinyal yang keluar dari mikropon.

Input atau sinyal masukan yang diterima oleh mikropon adalah berupa sinyal suara yang ditangkap sebagai sensor ultrasonik (*receiver*). Oleh mikropon yang berupa sensor ini, kita dapat mengukur suara dari kecoa atau nyamuk melalui sinyal yang diubah menjadi tegangan. Resistor berfungsi untuk memberikan power dari sumber tegangan pada mikropon dan kapasitor meneruskan sinyal masuk ke penguat.

Terlebih dahulu dilakukan pengecekan rangkaian apakah mampu mendeteksi suara biasa (audiosonik). Hasilnya dapat dilihat, bahwa ada sinyal suara yang ditangkap dan ditunjukkan oleh osiloskop (gambar 4.2). Dengan amplitudo atau tegangan sekitar 2,5 mV dan periode atau waktu 0,1 μ s. Pada saat pengamatan dilakukan, kemungkinan ada noise yaitu berasal dari lingkungan. Ketika ujung micropon diketuk dengan jari ada perubahan pada tampilan osiloskop.



Gambar 4.2 Tampilan frekuensi yang ditangkap oleh mikropon ultrasonik pada tampilan osiloskop. **(a)**. dalam kondisi stand-by (belum disentuh) **(b)**.ketika ujungnya diketuk dengan jari.

Rangkaian pendeteksi inilah yang kemudian digunakan untuk mendeteksi adanya kecoa atau nyamuk. Dengan menggunakan multimeter, dapat diperoleh nilai frekuensi yang terdeteksi jika ada kecoa atau nyamuk yang mendekat.

4.1.2 Analisis Rangkaian Penguat (*Amplifier*)

Penguat inverting digunakan untuk memperkuat sinyal masukan yang berasal dari mikropon agar dapat dibaca oleh alat pengukur. Penguatan dilakukan sebanyak dua kali.

Untuk penguatan (gain) yang pertama:

$$\text{Teori: } A_{V_{\text{teori}}} = -R_f / R_{\text{in}} = -R_5 / R_2 = 560 \text{ K}\Omega / 56 \text{ }\Omega = -10000 \text{ kali}$$

$$\text{Eksperimen: } A_{V_{\text{eksp}}} = V_{\text{out}} / V_{\text{in}} = -3,111 \text{ V} / 1,126 \text{ mV} = -2714,03 \approx -2714 \text{ kali}$$

Untuk penguatan (gain) yang kedua:

$$\text{Teori: } A_{V_{\text{teori}}} = -R_f / R_{\text{in}} = -R_{10} / R_7 = 10 \text{ K}\Omega / 1 \text{ K}\Omega = -10 \text{ kali}$$

$$\text{Eksperimen: } A_{V_{\text{eksp}}} = V_{\text{out}} / V_{\text{in}} = -4,530 \text{ V} / 3,111 \text{ V} = -1,45 \approx -1,5 \text{ kali}$$

Secara teori total penguatan adalah penguatan pertama dikalikan dengan penguatan kedua, sebesar 100000 kali. Namun pada eksperimen yang terukur adalah penguatan mendekati 4071 kali. Hal ini dikarenakan nilai penguatan pada prakteknya tidak selalu sesuai dengan teori [4]. Rangkaian inverting jika hanya satu tingkat berfungsi untuk membalik fase, namun pada rangkaian pendeteksi penguatan inverting sebanyak dua kali sehingga fase yang dibalik dikembalikan positif. Perlu penguatan yang besar karena IC LM358 memberikan tegangan masukan pada masing-masing komponen yang terhubung pada kedelapan kaki IC. Selain itu, sinyal masukan yang diterima oleh mikropon dari proses deteksi masih sangat kecil. Ketika diberi penguatan secara teoritis sebesar 100000 kali, tegangan masukan dari 1 mV dikuatkan menjadi sekitar 4 V. Hasil penguatan yang sesuai dengan V_{cc} yaitu harga power supply yang tidak jauh dari 5 V yang berasal dari *Black Box*.

4.1.3 Analisis Rangkaian Filter Lolos Rentang (*Band Pass Filter*)

Frekuensi dari kecoa yang terdeteksi diukur dengan menggunakan multimeter digital. Pengambilan data dilakukan pada malam hari, masing-masing

untuk seekor kecoa dan seekor nyamuk, selama sekitar dua menit untuk memperoleh nilai pengamatan yang lebih mendekati nilai literatur. Pengukuran atau pengambilan data tidak dilakukan pada saat kecoa atau nyamuk diam.

Tabel 4.1 Frekuensi yang terdeteksi dari gerakan kecoa dan nyamuk

No.	Frekuensi yg terdeteksi (Hz)	
	Kecoa	Nyamuk
1	41,50	237,9
2	32,28	478,0
3	43,70	380,2
4	8,50	434,8
5	6,18	697,0
6	24,91	724,0
Rata-rata	26,18	492,0

Berdasarkan literatur, nyamuk menghasilkan frekuensi dari 250 sampai dengan 1000 Hz. Sayap nyamuk bergerak sekitar 600 kali per detik, dan kecoa bergerak dengan sangat cepat, dalam satu detik ketiga pasang kakinya dapat melangkah 25 kali [1], belum termasuk gerakan antenanya yang berfungsi untuk melakukan sensing terhadap penghalang agar ketika bergerak dengan cepat, kecoa tidak tertubruk. Dari data ini dapat kita amati bahwa rangkaian pendeteksi dengan menggunakan dapat mendeteksi adanya kecoa dan nyamuk di dalam kotak.

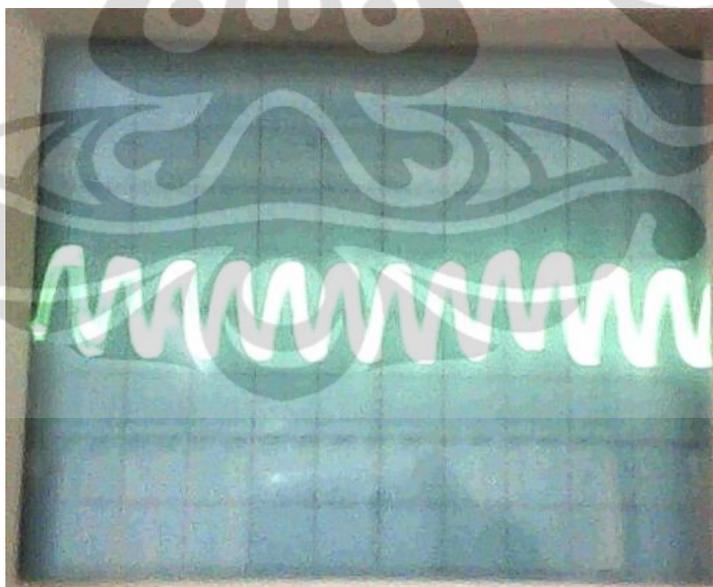
4.2 Analisis Rangkaian Pengusir

4.2.1 Analisis Rangkaian Osilator LC Tipe Colpitts

Dari rangkaian osilator pengusir yang dirancang sebelumnya didapatkan tampilan frekuensi pada osiloskop seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3. Frekuensi osilasi yang diharapkan adalah sebesar 1 MHz. dengan menggunakan induktor bernilai 33 μ H. Namun yang tersedia dipasaran adalah induktor bernilai

10 μH . Dengan menghubungkan seri 3 buah induktor, diperoleh nilai induktansi sebesar 30 μH , yaitu nilai yang mendekati rancangan. Sinyal dari osilasi yang dihasilkan tersebut menunjukkan bahwa rangkaian dapat memberikan output berupa sinyal dengan frekuensi yang kita inginkan, disesuaikan dengan kebutuhan.

Gambar 4.3 menunjukkan tampilan frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian pengusir. Frekuensi osilasi yang pertama kali dirancang adalah sebesar 1 MHz. Selanjutnya akan diubah nilai komponen penyusunnya yaitu induktor dan kapasitornya agar diperoleh variasi data frekuensi osilasi. Sumbu x atau sumbu horizontal adalah waktu, untuk satu kotak/div skala perhitungan = 1 μs dan sumbu y atau vertikal adalah tegangan atau amplitudo untuk satu kotak/div skala perhitungan = 5mV. Pada gambar ini dapat kita lihat bahwa waktu yang dibutuhkan oleh satu gelombang untuk berosilasi adalah 1 μs , sehingga frekuensinya kita peroleh sebesar 1/1 μs , yaitu 1 MHz. Amplitudo sebesar 3 mV atau tegangan puncak ke puncak sebesar 6 mV.



Gambar 4.3 Tampilan sinyal yang dihasilkan rangkaian pengusir yang dirancang dengan frekuensi osilasi mendekati 1 MHz.

Berdasarkan perhitungan dari persamaan (3.1), dapat dilihat nilai frekuensi osilasi rangkaian tersebut:

$$L = \frac{1}{(2\pi f_o)^2 \left(\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right)}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \left(\sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L(C_1 C_2)}} \right)$$

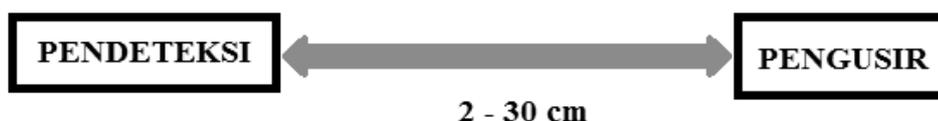
Untuk $C_1 = C_2 = 1,5 \text{ nF}$ dan $L = 30 \text{ }\mu\text{H}$, maka $f_o = 1061571125 \text{ Hz}$, atau mendekati 1 MHz , sesuai dengan tampilan pada osiloskop.

Untuk menghasilkan sinyal yang dapat mengusir kecoa dan nyamuk, yaitu sinyal ultrasonik, penulis menggunakan rangkaian osilator yang berfungsi sebagai sensor kapasitif, yaitu nilai kapasitansinya diubah-ubah untuk memperoleh frekuensi osilasi yang berubah-ubah pula.

4.2.2 Analisis Rangkaian Buzzer

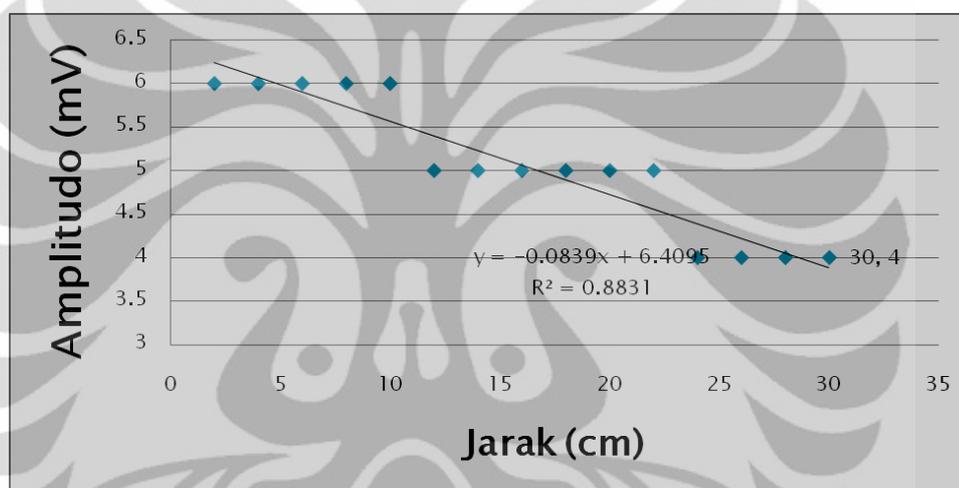
Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Dalam penelitian ini buzzer yang menggunakan *transmitter* ultrasonik memancarkan gelombang yang dibangkitkan oleh rangkaian Osilator LC.

Setelah kedua rangkaian dipastikan dapat bekerja, dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap amplitudo gelombang yang dibangkitkan.



Gambar 4.4 Pengujian Kinerja Rangkaian Pendeteksi dan Pengusir

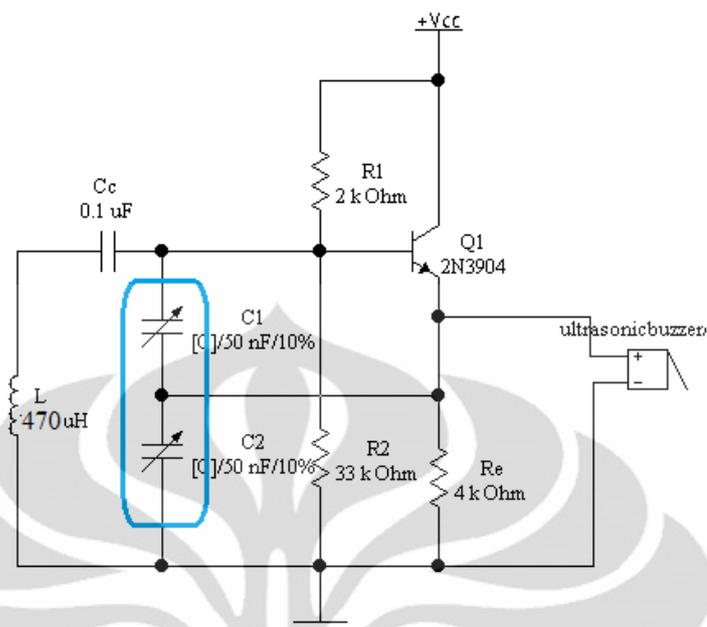
Rangkaian pendeteksi diam dan rangkaian pengusir digeser perlahan-lahan sejauh 2 cm hingga keduanya, yaitu ujung mikropon dan buzzer berjarak 30 cm. Dari pengamatan tersebut dapat kita lihat hubungan antara jarak dengan amplitudo seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Perubahan amplitudo (y) sebagai fungsi jarak (x) antara mikropon dan buzzer

Dapat kita lihat bahwa semakin jauh sinyal yang dipancarkan dari buzzer semakin kecil pula amplitudo gelombang yang ditangkap oleh mikropon. Dari pengamatan inilah kemudian dilanjutkan pengamatan terhadap binatang kecoa dan nyamuk dan memperhatikan respon kecoa dan nyamuk tersebut dari jarak yang terlihat saat gelombang ultrasonik dipancarkan.

Pancaran gelombang ultrasonik bervariasi, sesuai dengan perubahan nilai komponen penyusun yaitu nilai kapasitansi pada rangkaian pengusir, yaitu osilator LC tipe Colpitts. Gambar 4.6 menunjukkan rangkaian pengusir yang nilai kapasitor C_1 dan C_2 nya diubah-ubah.



Gambar 4.6 Rangkaian Osilator dengan nilai kapasitansi yang diubah-ubah.

Kisaran frekuensi ultrasonik adalah dari 20 kHz sampai dengan 20 MHz. dari rentang fekuensi ini, penulis membuat rangkaian osilator LC tipe colpitts dengan nilai induktansi tetap yaitu sebesar 470 μH , dan nilai kapasitansi yang berubah (lihat gambar 4.4). Variasi nilai kapasitansi pada osilator LC ini untuk masing-masing C_1 dan C_2 ditunjukkan pada tabel 4.2. Dengan nilai induktor tetap, semakin kecil nilai kapasitor C_2 , semakin besar pula frekuensi osilasi yang diberikan (lihat grafik pada lampiran).

Dari komponen yang tersedia, setiap komponen C_1 dipasangkan dengan setiap komponen C_2 . Ada 9 nilai masing-masing variasi komponen C_1 dan C_2 , sehingga diperoleh 81 kali pengambilan data, yaitu 81 nilai frekuensi osilasi yang dihasilkan. Ditambah dengan pengamatan respon jika binatang diberi osilasi 1 MHz. Hubungan antara perubahan kapasitansi dengan frekuensi osilasi dapat dilihat pada lampiran grafik.

Dari perubahan nilai frekuensi osilasi tersebut didapatkan bahwa mulai dari nilai frekuensi 67,53 Hz yaitu untuk nilai $C_1 = 56 \text{ nF}$ dan $C_2 = 15 \text{ nF}$, hingga pada frekuensi osilasi mendekati 1 MHz, ada perubahan respon kecoa (lihat gambar 4.7 b).

Tabel 4.2 Variasi nilai C_1 dan C_2 dan frekuensi osilasi yang dihasilkan dengan nilai induktansi tetap, sebesar $470 \mu\text{H}$, yang berpengaruh kecoa dan nyamuk.

$C_1 \backslash C_2$	4.7 nF	10 nF	15 nF	22 nF	27 nF	33 nF	39 nF	47 nF	56 nF
6.8 nF	139.33 kHz	115.45 kHz	107.38 kHz	101.91 kHz	99.66 kHz	97.82 kHz	96.52 kHz	95.30 kHz	94.32 kHz
10 nF	129.90 kHz	103.87 kHz	94.82 kHz	88.58 kHz	85.98 kHz	83.84 kHz	82.33 kHz	80.89 kHz	79.74 kHz
15 nF	122.78 kHz	94.82 kHz	84.81 kHz	77.77 kHz	74.80 kHz	72.33 kHz	70.57 kHz	68.88 kHz	67.53 kHz
22 nF	118.03 kHz	88.58 kHz	77.77 kHz	70.03 kHz	66.71 kHz	63.93 kHz	61.93 kHz	60.00 kHz	58.44 kHz
27 nF	116.09 kHz	85.98 kHz	74.80 kHz	66.71 kHz	63.22 kHz	60.27 kHz	58.15 kHz	56.09 kHz	54.42 kHz
33 nF	114.51 kHz	83.84 kHz	72.33 kHz	63.93 kHz	60.72 kHz	57.18 kHz	54.94 kHz	52.75 kHz	50.97 kHz
39 nF	113.41 kHz	82.33 kHz	70.57 kHz	61.93 kHz	58.15 kHz	54.94 kHz	52.60 kHz	50.31 kHz	48.44 kHz
47 nF	112.37 kHz	80.89 kHz	68.88 kHz	60.00 kHz	56.09 kHz	52.75 kHz	50.31 kHz	47.91 kHz	45.95 kHz
56 nF	111.54 kHz	79.74 kHz	67.53 kHz	58.44 kHz	54.42 kHz	50.97 kHz	48.44 kHz	45.95 kHz	43.89 kHz

Gambar 4.7 memberikan pengamatan secara visual. Dari diam, kecoa mulai bergerak gelisah dan menjauh perlahan-lahan. Diamati bahwa kecoa tidak mau berpindah kembali ke tempat awal yaitu di ruang A, ketika alat dijalankan (lihat tabel 4.3) melainkan berpindah ke ruang B ketika sekat dibuka. Pada saat diberi osilasi sebesar 1 MHz, kecoa terus bergerak hingga akhirnya diam di ruang B.



Gambar 4.7 Reaksi kecoa (a). Di awal pengamatan sebelum diberi gangguan (sinyal osilasi), (b). Di akhir pengamatan setelah diberi gangguan

Respon nyamuk terhadap perubahan frekuensi osilasi yang dipancarkan buzzer dapat diamati ketika mulai diberikan gangguan, dengan mengamati reaksi nyamuk mulai dari diam. Nyamuk ditempatkan di ruang A dan diberi gangguan sinyal dengan variasi yang sama dengan gangguan pada kecoa. Terlihat reaksi nyamuk (gambar 4.8). Dari diam, nyamuk mulai bergerak terbang dengan gelisah mengitari ruang A. Nyamuk terbang hingga ketinggian 15 cm, yaitu sampai menyentuh penutup kotak pengamatan. Sekat dibuka dari awal, yaitu dibagian dasar ada jalur untuk berpindah ke ruang B. Tetapi nyamuk tidak mau terbang lebih rendah setelah diberi osilasi (lihat tabel 4.3). Terlihat perubahan respon nyamuk, mulai dari frekuensi 48,44 Hz, untuk variasi nilai $C_1 = 56$ nF dan $C_2 = 39$ nF, hingga pada frekuensi osilasi mendekati 1 MHz, setelah kurang lebih 1 jam, nyamuk mati.



Gambar 4.8 Reaksi nyamuk **(a)**. Di awal pengamatan sebelum diberi gangguan (sinyal osilasi), **(b)**. Di akhir pengamatan setelah diberi gangguan.

Hasil tersebut memberikan gambaran bahwa rangkaian osilator dapat memberikan sinyal dengan frekuensi osilasi tertentu untuk mengusir binatang kecoa atau nyamuk, yakni dengan memberikan gangguan sinyal ultrasonik. Dari pengamatan tersebut akan dapat kita lihat bahwa binatang nyamuk dan kecoa dengan rentang frekuensi pendengaran lebih kecil dari 40.000 Hz atau sekitar 40 kHz, akan terganggu inderanya ketika buzzer memberikan gangguan[8].

Tabel 4.3 Data Pengamatan Terhadap Kecoa dan Nyamuk Untuk Variasi Nilai Kapasitor

NO	Kombinasi Komponen Pengusir				Respon Binatang	
	L (μ H)	C1 (nF)	C2 (nF)	Frek. Osilasi (KHz)	Kecoa	Nyamuk
1	470	56	56	43.89	diam di ruang A	diam di ruang A
2	470	56	47	45.95	diam di ruang A	diam di ruang A
3	470	56	39	48.44	diam di ruang A	mulai bergerak (terbang) mengitari ruang A
4	470	56	33	50.97	diam di ruang A	bergerak (terbang) mengitari ruang A
5	470	56	27	54.42	diam di ruang A	bergerak (terbang) mengitari ruang A
6	470	56	22	58.44	diam di ruang A	bergerak (terbang) mengitari ruang A
7	470	56	15	67.53	mulai bergerak di ruang A	bergerak (terbang) mengitari ruang A
8	470	56	10	79.74	mulai bergerak di ruang A	hinggap di sekat (sekat dibuka dari awal)
9	470	56	7	94.32	mulai bergerak di ruang A	diam di sekat
10	470	47	56	45.95	terus bergerak di ruang A	diam di sekat
11	470	47	47	47.91	terus bergerak di ruang A	diam di sekat
12	470	47	39	50.31	terus bergerak di ruang A	diam di sekat
13	470	47	33	52.75	terus bergerak di ruang A	diam di sekat
14	470	47	27	56.09	terus bergerak di ruang A	diam di sekat
15	470	47	22	60.00	terus bergerak di ruang A	diam di sekat
16	470	47	15	68.88	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
17	470	47	10	80.89	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
18	470	47	7	95.30	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
19	470	39	56	48.44	bergerak mengitari	diam di sekat

					ruang A	
20	470	39	47	50.31	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
21	470	39	39	52.60	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
22	470	39	33	54.94	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
23	470	39	27	58.15	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
24	470	39	22	61.93	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
25	470	39	15	70.57	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
26	470	39	10	82.33	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
27	470	39	7	96.52	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
28	470	33	56	50.97	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
29	470	33	47	52.75	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
30	470	33	39	54.94	bergerak mengitari ruang A	bergerak(terbang) mengitari ruang A
31	470	33	33	57.18	bergerak mengitari ruang A	hinggap di sekat(sekat dibuka dari awal digeser ke belakang, agar cukup celah bagi nyamuk untuk berpindah)
32	470	33	27	60.27	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
33	470	33	22	63.93	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
34	470	33	15	72.33	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
35	470	33	10	83.84	bergerak mengitari ruang A	diam di sekat
36	470	33	7	97.82	diam di sekat	diam di sekat
37	470	27	56	54.42	diam di sekat	diam di sekat
38	470	27	47	56.09	diam di sekat	diam di sekat
39	470	27	39	58.15	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
40	470	27	33	60.27	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
41	470	27	27	63.22	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
42	470	27	22	66.71	diam di sekat	bergerak(terbang)

						mengitari ruang A
43	470	27	15	74.80	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
44	470	27	10	85.98	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
45	470	27	7	99.66	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
46	470	22	56	58.44	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
47	470	22	47	60.00	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
48	470	22	39	61.93	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
49	470	22	33	63.93	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
50	470	22	27	66.71	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
51	470	22	22	70.03	diam di sekat	bergerak(terbang) mengitari ruang A
52	470	22	15	77.77	diam di sekat	bergerak mulai lambat(terbang tidak terlalu tinggi)
53	470	22	10	88.58	diam di sekat	bergerak lambat
54	470	22	7	101.91	sekat dibuka(ditarik ke atas), masuk ke ruang B	bergerak lambat
55	470	15	56	67.53	bergerak mengitari ruang B	bergerak lambat
56	470	15	47	68.88	bergerak mengitari ruang B	bergerak lambat
57	470	15	39	70.57	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat(terbang mulai rendah)
58	470	15	33	72.33	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
59	470	15	27	74.80	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
60	470	15	22	77.77	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
61	470	15	15	84.81	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
62	470	15	10	94.82	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
63	470	15	7	107.38	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
64	470	10	56	79.74	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat

65	470	10	47	80.89	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
66	470	10	39	82.33	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
67	470	10	33	83.84	bergerak mengitari ruang B	bergerak semakin lambat
68	470	10	27	85.98	bergerak mengitari ruang B	diam di ruang A
69	470	10	22	88.58	bergerak mengitari ruang B	diam di ruang A
70	470	10	15	94.82	bergerak mengitari ruang B	diam di ruang A
71	470	10	10	103.87	bergerak mengitari ruang B	diam di ruang A
72	470	10	7	115.45	bergerak mengitari ruang B	diam di ruang A
73	470	5	56	111.54	diam di ruang B	diam di ruang A
74	470	5	47	112.37	diam di ruang B	diam di ruang A
75	470	5	39	113.41	diam di ruang B	diam di ruang A
76	470	5	33	114.51	diam di ruang B	diam di ruang A
77	470	5	27	116.09	diam di ruang B	diam di ruang A
78	470	5	22	118.03	diam di ruang B	diam di ruang A
79	470	5	15	122.78	diam di ruang B	diam di ruang A
80	470	5	10	129.90	diam di ruang B	diam di ruang A
81	470	5	7	139.33	diam di ruang B	diam di ruang A
82	30	2	2	1061.57	diam di ruang B	mati di ruang A

Dari tabel tersebut dapat kita lihat perubahan respon kecoa maupun nyamuk yang terjadi secara perlahan-lahan. Selain dari respon atau gerak-gerik kecoa atau nyamuk, kita juga perlu memperhatikan faktor biologis dari kecoa atau nyamuk tersebut. Kecoa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lingkungan bebas dan dari bentuk fisiknya diketahui bahwa kecoa tersebut adalah kecoa dewasa. Seperti makhluk hidup pada umumnya, kecoa dewasa memiliki ketahanan terhadap ancaman lebih besar daripada kecoa muda. Bahkan dari suatu penelitian didapatkan bahwa ketahanan hidup kecoa mengalahkan binatang purba seperti dinosaurus. Hal ini juga yang mungkin membuat kecoa masih dapat bertahan hidup dari pancaran gelombang ultrasonik yang tidak disukainya. Jika dalam lingkungan yang aman, kecoa dapat hidup hingga 60 minggu.

Umur nyamuk relatif pendek dimana nyamuk jantan umumnya berumur kurang dari seminggu, sedangkan nyamuk betina umurnya lebih panjang sekitar rata-rata 1-2 bulan. Nyamuk jantan akan terbang di sekitar tempat perindukannya dan makan cairan tumbuhan yang ada disekitarnya. Nyamuk betina hanya kawin satu kali untuk seumur hidupnya. Perkawinan biasanya terjadi 24-48 jam setelah keluar dari kepompong. Makanan nyamuk betina yaitu darah, yang dibutuhkan untuk pertumbuhan telurnya. Untuk nyamuk yang diujicobakan dalam penelitian ini tidak diketahui jenis kelaminnya. Yang paling menentukan adalah umur nyamuk itu sendiri. Nyamuk tersebut adalah hasil dari pertumbuhan jentik yang dilakukan karena untuk memperoleh nyamuk dewasa dan memasukkannya dalam wadah penelitian sangat sulit. Kondisi nyamuk yang masih muda mungkin membuat gangguan dari gelombang ultrasonik sangat mempengaruhi kerja indera dan pada akhirnya nyamuk tersebut mati.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pengamatan yang telah dilakukan terhadap binatang nyamuk dan kecoa, maka dapat dihasilkan kesimpulan berikut ini:

- 1) Sinyal yang diberikan oleh kecoa berada pada frekuensi rata-rata 26,18 Hz dan nyamuk rata-rata 492,0 Hz .
- 2) Kecoa dapat diusir dengan memberikan gelombang ultrasonik yaitu pada rentang frekuensi 67,3 - 139,33 kHz dan nyamuk pada rentang frekuensi 48,44 - 139,33 kHz.

5.2 Saran

Berikut ini adalah saran untuk hasil penelitian yang lebih baik.

- 1) Alat pendeteksi dan pengusir kecoa dan nyamuk berbasis frekuensi dapat dilengkapi dengan pengaturan nilai frekuensi dengan menggunakan mikrokontroller dengan tampilan frekuensi pada seven segmen atau LCD.
- 2) Pengamatan dilakukan dalam cakupan yang lebih besar, ruangan yang lebih luas dan juga waktu pengamatan yang lebih lama.

DAFTAR ACUAN

- [1] **Camhi, J.M & Johnson, E.N.** *High Frequency Steering Maneuvers Mediated By Tactile Cues: Antennal Wall-Following In The Cockroach*. Department of Cell and Animal Biology, Hebrew University. Jerusalem 91904, Israel : Accepted 9 December 1998; published on WWW 3 February 1999.
- [2] **E., Irving M. Gottlieb P.** *Practical Oscillator Handbook*. Oxford : A Division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 1997.
- [3] **Fairchild Semiconductor Corporation.** [Online] 2001. [Cited: Desember 4, 2009.] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/2N3904.pdf>.
- [4] **Faulkenberry, Luces.** *An introduction to Operational Amplifiers with Linear IC Applications*. 2nd edition. Taipei, Taiwan: Central Book Company, 1982.
- [5] **Gonzalez, Guillermo.** *Foundations of Oscillator Circuit Design*. [ed.] Yekaterina Ratner. London : Artech House, 2007.
- [6] **Herman, R. L.** *An Introduction to Mathematical Physics via Oscillations*. 2006.
- [7] **Horowitz, Paul dan Hill, Winfield.** *The Art Of Electronics*. 2nd Edition. Cambridge : Cambridge University Press, 1994.
- [8] <http://www.rileks.com/community/artikelmu/ceremonia/26602-teknologi-ultrasonik-lg-efektif-lindungi-penyakit-dbd.html>.
- [9] **Linsley, Trevor.** *Advanced Electrical Installation Work*. 4th Edition. Oxford: Newnes Press, 2005.
- [10] **Malvino, Albert Paul.** *Electronic Principles*. 6th Edition. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1999.
- [11] **Swistida, Dedy.** *Perbandingan Karakteristik Rangkaian Osilator Tipe Colpits, Piere dan Clapp Untuk Pengkondisi Snyal Sensor Induktif dan Kapasitif (Skripsi Sarjana)*. Depok : s.n., Juni 24, 2010.

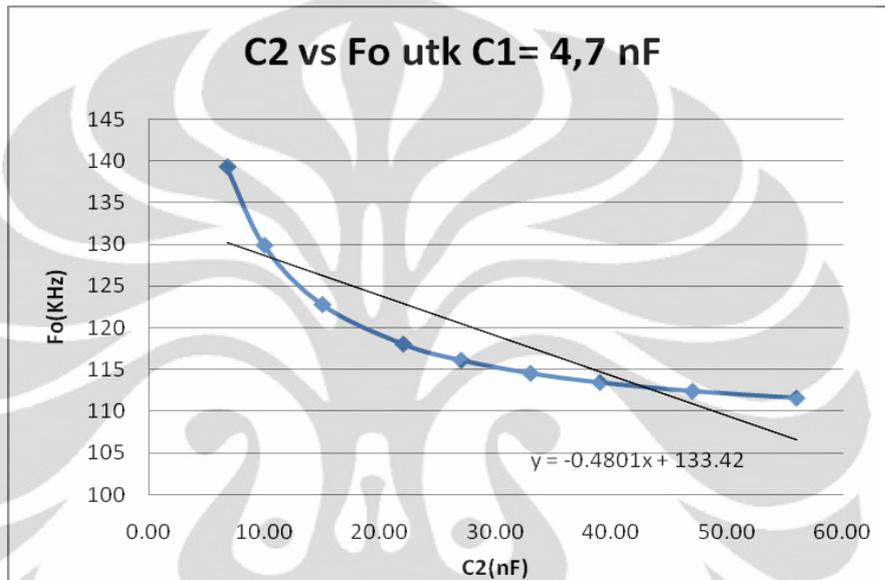
- [12] **Tanjung, Taqwa.** *Studi Karakteristik Resonator LC dan Amplifier BJT pada Rangkaian Osilator Tipe Colpitts Sebagai Pengkondisi Sinyal (Skripsi Sarjana).* Depok : s.n., Juni 24, 2010.



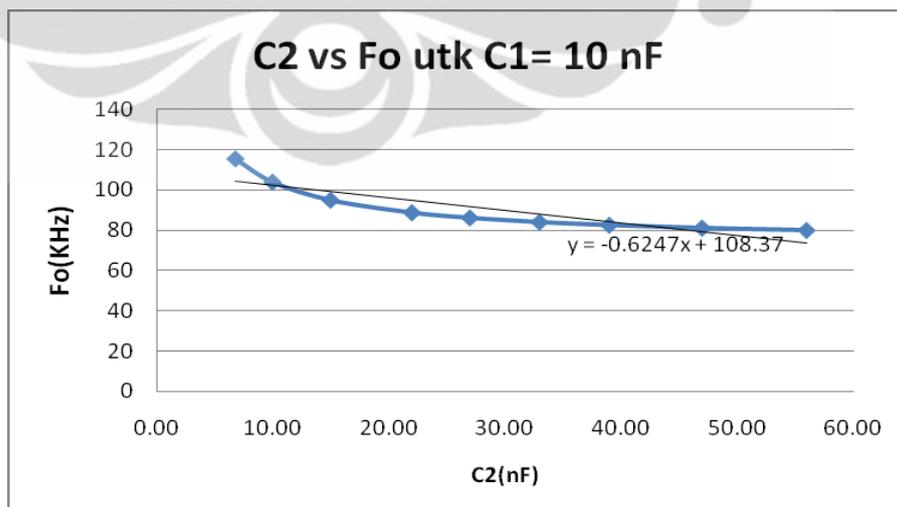
LAMPIRAN

Berikut ini dilampirkan grafik hubungan antara perubahan nilai frekuensi osilasi untuk nilai induktor L tetap pada semua variasi C1 maupun C2, dan nilai C1 tetap untuk perubahan nilai C2.

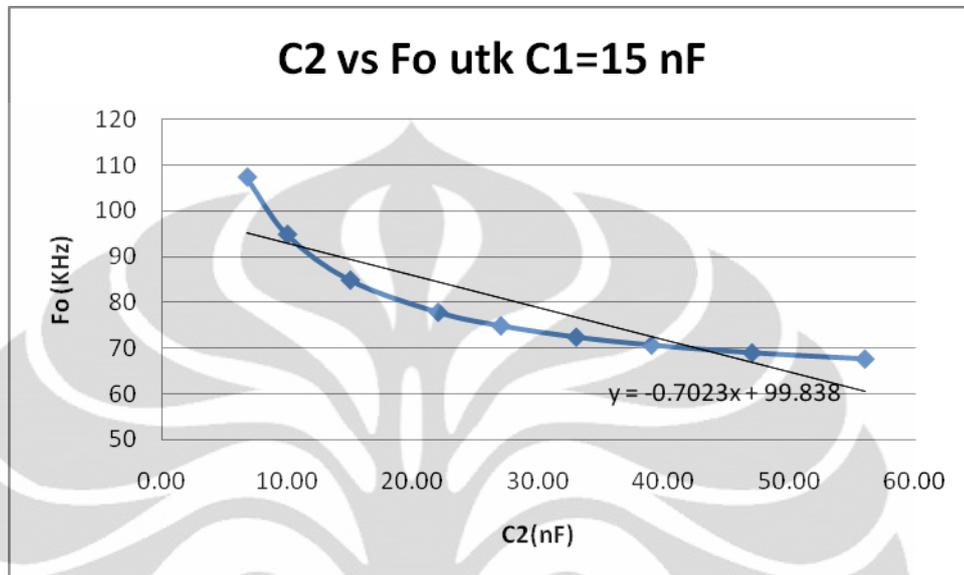
1. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 4,7 \text{ nF}$



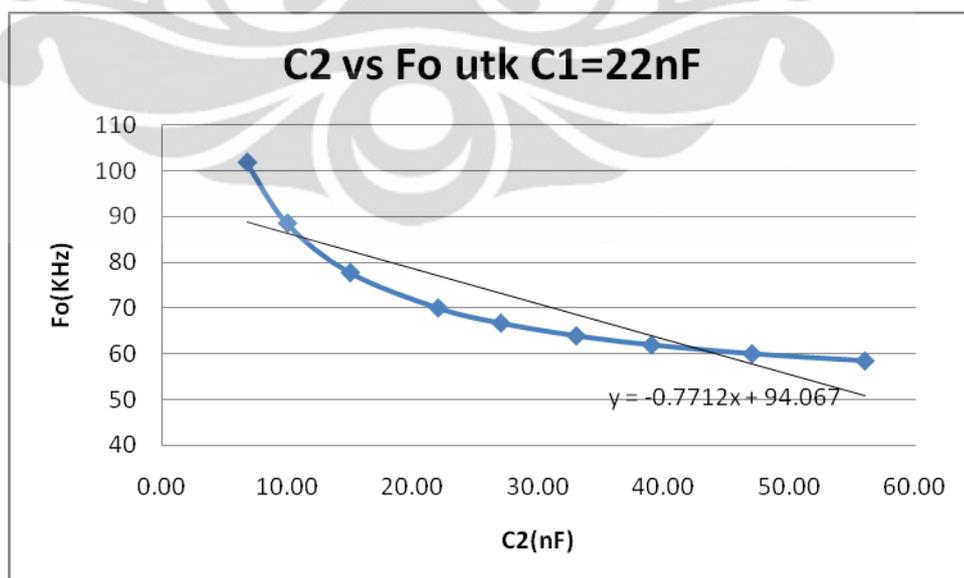
2. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 10 \text{ nF}$



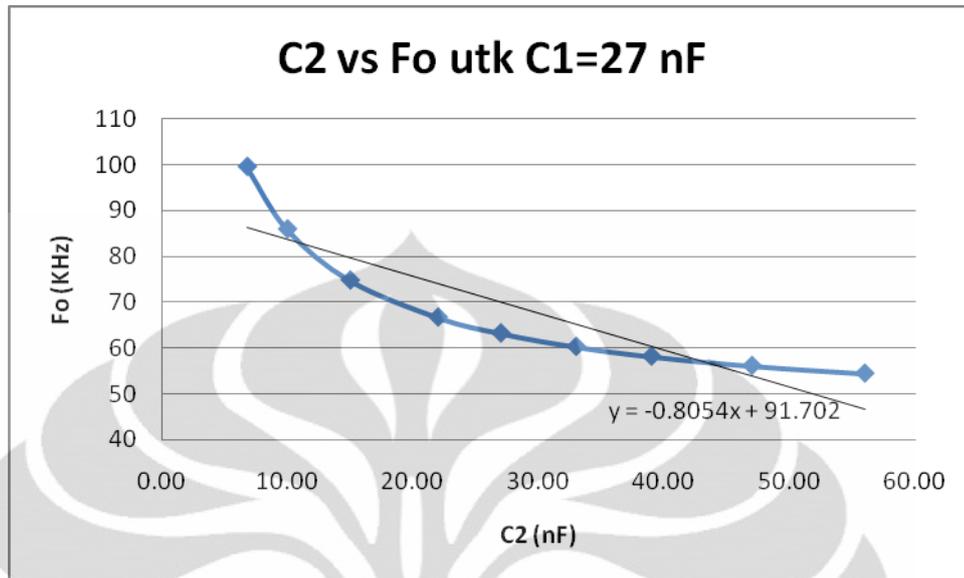
3. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 15 \text{ nF}$



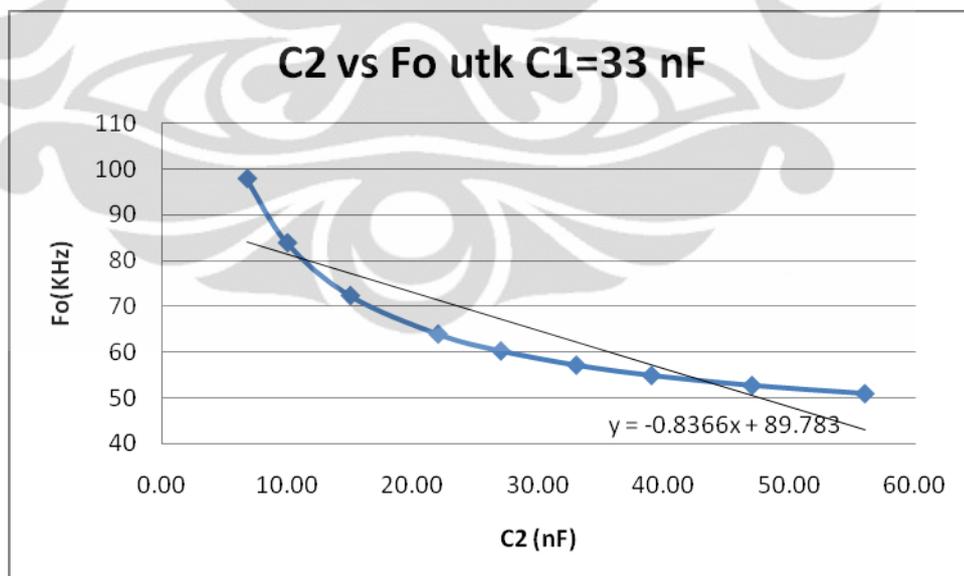
4. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 22 \text{ nF}$



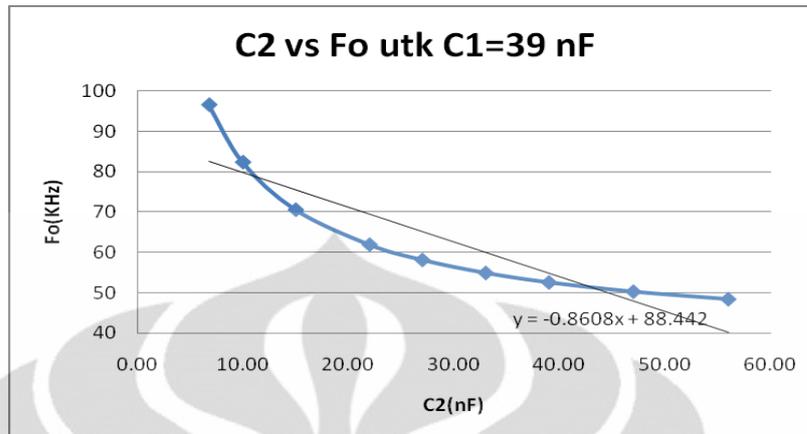
5. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 27 \text{ nF}$



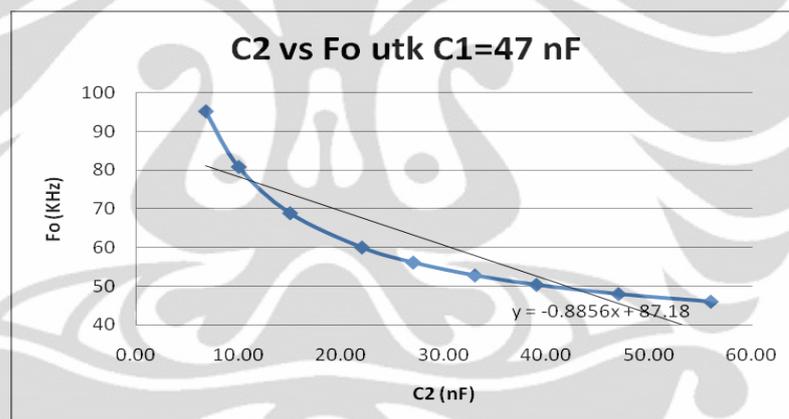
6. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 33 \text{ nF}$



7. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 39 \text{ nF}$



8. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 47 \text{ nF}$



9. Untuk $L = 470 \mu\text{H}$, $C_1 = 56 \text{ nF}$

