

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT FREKUENSI ULTRASONIK
UNTUK KARAKTERISASI PERILAKU AKUSTIK PADA
NYAMUK *Aedes aegypti* JANTAN DAN BETINA**

SKRIPSI

Oleh:

CITRA OKTAVIDIANA SAKTI

NIM. 13640057



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT FREKUENSI ULTRASONIK
UNTUK KARAKTERISASI PERILAKU AKUSTIK PADA
NYAMUK *Aedes aegypti* JANTAN DAN BETINA**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**CITRA OKTAVIDIANA SAKTI
NIM. 13640057**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT FREKUENSI ULTRASONIK
UNTUK KARAKTERISASI PERILAKU AKUSTIK PADA
NYAMUK *Aedes aegypti* JANTAN DAN BETINA**

SKRIPSI

Oleh:
Citra Oktavidiana Sakti
NIM. 13640057

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
pada tanggal 2018

Pembimbing I,



Dr. Imarn Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II,



Erika Rani, M.Si
NIP. 1981061 200604 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

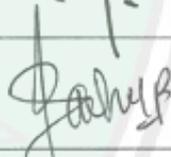
HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT FREKUENSI ULTRASONIK
UNTUK KARAKTERISASI PERILAKU AKUSTIK PADA
NYAMUK *Aedes aegypti* JANTAN DAN BETINA

SKRIPSI

Oleh:
Citra Oktavidiana Sakti
NIM. 13640057

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 18 Mei 2018

Penguji Utama	: <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Sekretaris Penguji	: <u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 1981061 200604 2 002	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Citra Oktavidiana Sakti
Nim : 13640057
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Rancang Bangun Pembangkit Frekuensi Ultrasonik untuk
Karakterisasi Perilaku Akustik pada Nyamuk *Aedes*
Aegypti Jantan dan Betina

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang telah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang dikutip dalam naskah dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan serta menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Malang, 6 Juli 2018
Yang membuat pernyataan,



Citra Oktavidiana Sakti
NIM. 13640057

MOTTO

WUJUDKANLAH DO'A DENGAN USAHA,
KARENA TIADA DO'A YANG TERKABUL TANPA USAHA.

AKU MENULIS SESUATU YANG AKAN MEMBUATMU BERKATA “TERIMA
KASIH TELAH MENULISNYA” TERIMA KASIH JUGA TELAH MEMBACA.

LEBIH BAIK AKU MENULIS SESUATU YANG MEMBUAT ORANG TERTAWA,
DARIPADA AKU MENULIS KELUHANKU UNTUK DIBACA ORANG LAIN.

RENDAH HATI TAK PEDULI PADA TEMPAT, WAKTU, DAN SIAPA.



HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Ucap syukur yang tiada henti saya hatirkan kepada Allah Swt yang telah memberikan saya nikmat yang begitu besar baik berupa kekuatan, kemampuan, kesabaran, kesehatan, dan lain-lain.

Skripsi yang menjadi syarat untuk saya mendapatkan gelar S.Si ini saya persembahkan untuk orang-orang yang telah mengasuh saya, membimbing saya, mendidik saya, mengasihinya saya dan tak henti-hentinya mendo'akan saya.

Untuk kedua orang tua saya Bapak Khomari dan Ibu Umidah yang tak pernah lelah mengasuh, membimbing, mendidik, dan memberikan kasih sayang. Adik saya Amanda Dwi Risqiyah yang selalu memberikan dukungan dan mengalirkan do'anya untuk saya.

Untuk Almarhum Mbah Ahmad dan Almarhum Paklek To yang selalu mendo'akan saya sampai detik akhir hayatnya. Serta Bulik Iro'atin yang selalu menyangsi saya selama pulang ke surabaya.

Untuk seluruh dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mendidik saya, mengajarkan berbagai ilmu pengetahuan kepada saya, untuk teman-temanku Fisika angkatan 2013 yang telah memberikan kenangan indah bersama, membantu saya dalam kesulitan, menemani saya dan mensupport saya untuk berjuang di Fisika.

Untuk sahabat terbaik saya Cindy Febriantika Rahayu dan Donny Mentari Wijayanti yang selalu ada selama jauh dari rumah

Semoga Allah Swt selalu memberikan rahmat dan hidayah kepada kita semua serta memberikan manfaat dan barokah atas ilmu yang telah saya pelajari selama ini.

Aamiin,,,,,,,,,,,,,



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur kepada Allah Swt yang telah memberikan segala rahmat dan nikmat-Nya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga kami dapat mengerjakan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Pembangkit Frekuensi Ultrasonik untuk Karakterisasi Perilaku Akustik pada Nyamuk *Aedes Aegypti* Jantan dan Betina”** dengan baik. Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad Saw yang telah membawa kita menuju zaman yang terang benderang yaitu agama islam. Penulis menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Pembangkit Frekuensi Ultrasonik untuk Karakterisasi Perilaku Akustik pada Nyamuk *Aedes Aegypti* Jantan dan Betina”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata 1 Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Ucapan terima kasih yang mendalam kami sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, pengarahan, saran dan motivasi dalam penulisan skripsi.

5. Erika Rani, M.Si selaku dosen pembimbing integrasi yang memberikan bimbingan integrasi dan motivasi dalam penulisan skripsi.
6. Seluruh dosen Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah berkenan mendidik dan membimbing saya.
7. Teristimewa orang tua saya, Bapak Khomari dan Ibu Umidah tercinta yang telah memberikan kepercayaan untuk menuntut ilmu serta melimpahkan kasih sayang kepada saya.
8. Seluruh rekan seperjuangan Fisika angkatan 2013 yang saya banggakan.
9. Seluruh pihak yang telah membantu saya dalam penyelesaian skripsi.

Terlepas dari hal itu, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasa. Oleh karena itu, saya menerima segala kritik dan saran demi tersusunnya proposal skripsi ini dengan benar.

Akhir kata, saya berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi bagi pembaca.

Malang, 6 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
المخلص	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	7
2.1.1 Morfologi	7
2.1.2 Perilaku Akustik Nyamuk.....	11
2.2 Gelombang Ultrasonik	13
2.3 Rangkaian Osilator.....	16
2.3.1 IC NE555	21
2.3.2 Arduino UNO	24
2.3.3 LCD	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.4 Rancangan Penelitian	31
3.5 Tahap dan Alur Penelitian	32
3.5.1 Perancangan Rangkaian Pembangkit Frekuensi	32
3.5.2 Perancangan Kandang Pengujian	34
3.5.3 Pengambilan Data.....	35
3.5.4 Analisis Data	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Penelitian	40
4.1.1 Pembuatan Osilator Ultrasonik	40
4.1.2 Pengujian Pembangkit Frekuensi Ultrasonik	43
4.1.3 Pembuatan Kandang Pengujian.....	45
4.2 Pembahasan	46

4.2.1 Prototipe.....	46
4.2.2 Uji pada Nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	50
4.3 Integrasi	64
BAB V PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	.Morfologi nyamuk <i>Aedes aegypti</i>	7
Gambar 2.2	Rangkaian dasar osilator	17
Gambar 2.3	Pembangkit gelombang kotak dasar	19
Gambar 2.4	Rangkaian dasar pengisian dan pengosongan tegangan kapasitor	19
Gambar 2.5	Kurva pengisian kapasitor	19
Gambar 2.6	Kurva pengosongan kapasitor	20
Gambar 2.7	Grafik tegangan pada IC NE555.....	21
Gambar 2.8	Kaki IC NE555	21
Gambar 2.9	Rangkaian didalam IC NE555	23
Gambar 2.10	(a) Board arduino uno (b) Board arduino mega 2560	26
Gambar 3.1	Flowchart pengujian generator frekuensi ultrasonik.....	31
Gambar 3.2	Flowchart pembuatan kandang nyamuk dan pengujian frekuensi ultrasonik pada nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan dan betina	32
Gambar 3.3	Blok diagram rangkaian pembangkit ultrasonik	32
Gambar 3.4	Blok Rangkaian osilator frekuensi.....	33
Gambar 3.5	Skema rancangan kandang pengujian	34
Gambar 3.6	Flowchart pengambilan data variasi frekuensi	35
Gambar 4.1	Rangkaian osilator ultrasonik	40
Gambar 4.2	Pengujian pembacaan datalogic pada rangkaian	43
Gambar 4.3	Kandang pengujian	45
Gambar 4.4	Amplitudo output gelombang.....	48
Gambar 4.5	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan. a, b, dan c merupakan posisi keberadaan nyamuk saat diuji. (a) terdekat dengan sumber ultrasonik, (b) di tengah dan posisi (c) paling jauh dari sumber	53
Gambar 4.6	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan dengan empat kali pengulangan di (a)	54
Gambar 4.7	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan dengan empat kali pengulangan di (b)	55
Gambar 4.8	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan dengan empat kali pengulangan di (c)	55
Gambar 4.9	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina. a, b, dan c merupakan posisi keberadaan nyamuk saat diuji. (a) terdekat dengan sumber ultrasonik, (b) di tengah dan posisi (c) paling jauh dari sumber	56
Gambar 4.10	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina dengan empat kali pengulangan di (a)	57
Gambar 4.11	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina dengan empat kali pengulangan di (b)	58
Gambar 4.12	Grafik hasil pengujian sampel nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina dengan empat kali pengulangan di (c)	58

Gambar 4.13 Grafik pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan sampai dengan 60 menit.....	60
Gambar 4.14 Grafik pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina sampai dengan 60 menit.....	61
Gambar 4.15 Struktur antena pada nyamuk. Mikrograf pemindaian cahaya arsitektur antena pada jantan dan betina <i>T. brevipalpis</i> . Bilah skala 0,5 mm.....	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Logika output pada kaki-kaki IC NE555	23
Tabel 2.2	Spesifikasi arduino uno dan arduino mega 2560.....	26
Tabel 3.1	Pengujian frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina dengan waktu 15 menit.....	36
Tabel 3.2	Pengujian frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina dengan waktu 15 menit.....	37
Tabel 3.3	Pengujian pengaruh waktu pemancaran frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan sampai dengan 60 menit	38
Tabel 3.4	Pengujian pengaruh waktu pemancaran frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina sampai dengan 60 menit	39
Tabel 4.1	Data kalibrasi antara putaran potensiometer dengan detektor ultrasonik unit.....	48
Tabel 4.2	Data pengujian pengaruh waktu pemancaran frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> jantan sampai dengan 60 menit	60
Tabel 4.3	Data pengujian pengaruh waktu pemancaran frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina sampai dengan 60 menit	61

ABSTRAK

Citra Oktavidiana Sakti. 2018. **Rancang Bangun Pembangkit Frekuensi Ultrasonik untuk Karakterisasi Perilaku Akustik pada Nyamuk *Aedes Aegypti* Jantan dan Betina**. Skripsi. Jurusan Fisika, fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.si. (II) Erika Rani, M.Si

Kata Kunci: Ultrasonik, Nyamuk *Aedes aegypti*, Pembangkit Frekuensi, Karakterisasi Perilaku Akustik.

Karakterisasi perilaku akustik pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina dapat dilakukan dengan pemaparan frekuensi gelombang ultrasonik. Frekuensi ultrasonik dihasilkan dari pembangkit ultrasonik yang menggunakan IC NE555 sebagai osilator/pembangkit sinyal dan rangkaian RC sebagai pengatur keluaran dalam bentuk *adjustable* frekuensi. Kalibrasi alat pembangkit ultrasonik dilakukan dengan menggunakan Ultrasonic Cobra 3 unit sebagai detektor frekuensi. Hasil respon nyamuk *Aedes aegypti* terhadap pemaparan frekuensi gelombang ultrasonik yang bervariasi menunjukkan perpindahan posisi nyamuk dari sumber gelombang ultrasonik. Hasil pengujian menunjukkan rentang frekuensi yang berpengaruh yaitu untuk nyamuk *Aedes aegypti* jantan 34 kHz dan nyamuk *Aedes aegypti* betina 43 kHz. Hasil respon pemaparan frekuensi ultrasonik dengan variasi waktu menunjukkan bahwa lama waktu pemaparan nyamuk *Aedes aegypti* berpengaruh pada pola gerak nyamuk dalam kandang pengujian.

ABSTRACT

Citra Oktavidiana Sakti. 2018. **Design of the Ultrasonic Frequency Generator for Characterization of the Acoustic Behavior on *Aedes aegypti* Mosquitoes Male and Female.** Skripsi. Departement of Physics, Sains and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim, Malang. Supervisor: (I) Dr. Imam Tazi, M.si. (II) Erika Rani, M.Si

Keywords: ultrasonic, *Aedes aegypti* mosquitoes, frequency generator, characterization of the acoustic behaviour

Characterization of the acoustic behavior of male and female *Aedes aegypti* mosquitoes can be done by exposure the frequency of ultrasonic wave. The frequency of ultrasonic is generated by an ultrasonic generator using IC NE555 as an oscillator/signal generator and RC series as an output regulator in the form of adjustable frequency. The calibration of ultrasonic generator is done by using Ultrasonic Cobra 3 units as a frequency detector. The result of *Aedes aegypti* mosquitoes response on the varied exposure of frequency ultrasonic wave show that displacement mosquitoes position from the source of ultrasonic wave. The test results show that the influence frequency range are 34 kHz for male *Aedes aegypti* mosquitoes and 43 kHz for female *Aedes aegypti* mosquitoes. The result of the exposure ultrasonic frequency response with varied time shows that the duration of the exposure *Aedes Aegypti* mosquitoes has effect on motion pattern the mosquitoes in the test cage.

ملخص

جترا أوكتافيديانا ساكتي. 2018. تصميم مولدات التردد فوق الصوت للتوصي السلوك السمعي على زاعجة البعوض من الذكور والإناث . بحث علمي. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، ملانج . المستشار: (الأول) د. إمام تازي الماجستير. (الثاني) إريكا راني الماجستير

الكلمات الرئيسية : الموجات فوق الصوتية ، زاعجة البعوض ، مولد التردد ، توصيف السلوك السمعي.

توصيف السلوك السمعي في زاعجة البعوض من الذكور والإناث يمكن أن يتم بطريق التعرض للموجات فوق الصوتية. يحصل تردد فوق الصوتي من مولد فوق الصوتية باستخدام IC55 NE555 كمولد إشارة / مذبذب و دائرة RC كمنظم خرج في شكل ترددات قابلة للتعديل. تتم معايرة مولد فوق الصوتية باستخدام Utrasonic Cobra 3 ككاشف للتردد. نتائج استجابات البعوض الزاعجة لتعرض ترددات فوق الصوتية مختلفات تدل على تبديل موقع البعوض من مصدر فوق الصوتية. وتظهر نتائج الاختبار التي تؤثر على النطاق الترددي للبعوض الزاعجة المصرية الذكور 34 كيلو هرتز و زاعجة البعوض الإناث 43 كيلو هرتز. وأظهرت نتيجة التعرض تردد فوق الصوتية مع اختلاف الوقت أن مدة التعرض لبعوض الزاعجة أثرت على نمط حركة البعوض في قفص الاختبار .



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serangga merupakan spesies makhluk hidup yang termasuk phylum arthropoda. Sampai saat ini telah dikenal lebih dari 500.000 spesies serangga. Sejumlah besar spesies serangga bermanfaat dalam kehidupan manusia, tetapi tidak sedikit pula yang menyebabkan kerugian bagi manusia (Wiantari, 1993). Salah satu jenis serangga yang merugikan manusia adalah nyamuk. Ada berbagai macam penyakit yang ditularkan oleh nyamuk.

Hairani (2015) menyatakan beberapa jenis penyakit yang disebabkan oleh nyamuk, seperti filariasis yang ditularkan melalui nyamuk *Culex sp*, serta penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) yang ditularkan melalui nyamuk *Aedes sp*. Penyakit yang paling sering menyerang masyarakat di Indonesia tiap tahunnya yaitu DBD. Demam Berdarah Dengue (DBD) adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh satu dari 4 virus dengue berbeda dan ditularkan melalui nyamuk terutama *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* yang ditemukan di daerah tropis dan subtropis di antaranya kepulauan di Indonesia hingga bagian utara Australia (M. Vyas, 2013).

Fisik nyamuk yang kecil tetapi dia mampu menularkan berbagai penyakit dari manusia satu ke manusia lain, bahkan banyak orang meninggal karena nyamuk dan ia diumpamakan dalam Al-qur'an pada surat Al-baqarah ayat 26 sebagai pelajaran bagi manusia. Ayat tersebut menyiratkan suatu sifat manusia yang harus selalu mawas diri terhadap lingkungan sekitar yang mungkin terlihat

biasa saja akan tetapi sesungguhnya terdapat bahaya, seperti penyakit yang ditularkan nyamuk tersebut. Penjabaran ini terdapat pada Al-qur'an surah Al-baqarah ayat 26:

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۖ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٢٦﴾

“Sesungguhnya Allah tidak segan Membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, mereka tahu bahwa itu kebenaran dari Tuhan. Tetapi mereka yang kafir berkata, “Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?” Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang Dibiarkan-Nya sesat, dan dengan itu banyak (pula) orang yang Diberi-Nya petunjuk. Tetapi tidak ada yang Dia Sesatkan dengan (perumpamaan) itu selain orang-orang fasik” (Q.S. Al-Baqarah (2): 26).

Nyamuk pembawa virus dengue yang utama adalah *Aedes aegypti* (Agustina, 2006). *Aedes aegypti* merupakan vektor utama penyakit demam berdarah dengue (DBD) yang disebabkan oleh virus DEN dan ditransmisikan pada saat nyamuk *Aedes aegypti* menggigit manusia. Selain penyakit DBD, *Aedes aegypti* juga merupakan vektor penyakit *yellow fever* dan chikungunya.

Penanggulangan penyakit yang ditularkan oleh penyakit ini telah banyak dilakukan antara lain dengan menggunakan insektisida seperti DDT, BHC. Insektisida ini dapat menimbulkan keracunan baik pada manusia maupun mahluk hidup lainnya (Mansyur dkk, 2006). Pemakaian insektisida yang berlebihan dapat mengacaukan susunan rantai makanan dalam karena ia bersifat destruktif. Diperlukan pemikiran metode yang lebih efektif untuk mengurangi jumlah

nyamuk tanpa harus merusak lingkungan atau mengacaukan susunan rantai makanan di alam.

Gelombang ultrasonik merupakan metode yang dapat mengendalikan insektisida untuk menghambat pertumbuhan serangga ini (Mansyur dkk, 2006). Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik yang frekuensinya lebih dari 20.000 Hz dan di dalam gas atau zat cair berupa gelombang longitudinal. Gelombang mekanik memiliki cepat rambat sebanding dengan kerapatan medium rambatannya, sehingga cepat rambat dalam zat cair lebih besar dibanding dalam gas. Selama perambatannya di dalam medium gelombang ultrasonik mengalami atenuasi karena adanya peristiwa-peristiwa pematulan, hambatan dan absorpsi sehingga intensitasnya berkurang. Disamping sifat-sifat ini, juga sifat-sifat karakteristik yaitu dapat menimbulkan kalor, gaya ultrasonik steady, kavitasi dan stress mekanik yang besar (Goeberman, 1988).

Keuntungan penggunaan gelombang ultrasonik untuk karakterisasi sifat akustik pada nyamuk dewasa ialah tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Ia juga tidak menghasilkan bunyi bising ditelinga manusia karena frekuensinya melebihi jangkauan pendengaran manusia normal dan efek-efek lain yang ditimbulkan gelombang ultrasonik.

Karakterisasi dalam penelitian ini memanfaatkan sifat akustik pada indra pendengaran nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina. Nyamuk mempunyai organ auditori untuk mendeteksi suara pada frekuensi dan intensitas tertentu. Menurut Göpfert dan Robert (2000) pada nyamuk betina memiliki 7500 neuron sensoris pada organ Johnstonnya, sedangkan pada nyamuk jantan memiliki sekitar 15000

neuron sensoris pada organ Johnston yang dimilikinya. Fakta menunjukkan bahwa antenna pada nyamuk betina kurang sensitif terhadap rangsangan suara daripada nyamuk jantan karena reseptor suaranya lebih sedikit (McIver, 1985).

Efek yang timbul dalam proses karakterisasi ini adalah dengan meninjau tingkat tertinggi kepekaan nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina pada rentang frekuensi ultrasonik tertentu. Manfaat yang diperoleh adalah dapat dijadikan cara efektif untuk mengurangi populasi nyamuk dengan mengganggu sistem pendengaran nyamuk *Aedes aegypti* berdasarkan jenis kelaminnya.

Gelombang ultrasonik diujikan pada sampel menggunakan alat pembangkit ultrasonik. Alat ini berupa generator ultrasonik yang dapat diatur frekuensi keluarannya. Generator ultrasonik dipakai untuk membangkitkan sinyal listrik dengan frekuensi diatas 20 kHz sampai dengan 1 GHz dan power tertentu sesuai dengan kebutuhan. Dan transduser dipakai untuk mengubah sinyal listrik dari ultrasonik generator menjadi gelombang mekanik. Transduser memiliki jenis yang berbeda-beda, tergantung dari aplikasinya. Dengan demikian transduser yang dipakai untuk *welding* akan berbeda dengan transduser untuk *cutting*, baik frekuensi maupun power yang masih mampu diberikan.

Biasanya generator ultrasonik dibuat untuk jenis transduser tertentu dimana frekuensi dan tenaganya telah dirancang khusus untuk transduser tersebut. Akan tetapi, ada pula generator ultrasonik yang dibuat dan dirancang untuk untuk berbagai jenis transduser, namun harganya sangat mahal. Oleh karena itu dalam penelitian dibuat generator ultrasonik dengan frekuensi keluaran 20 kHz sampai 60 kHz dengan daya maksimum 100 watt, dan dengan biaya yang relatif murah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana rancang pembangkit frekuensi ultrasonik untuk karakterisasi perilaku akustik pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina?
2. Bagaimana pengaruh nilai frekuensi terhadap perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina?
3. Bagaimana pengaruh waktu pemancaran frekuensi terhadap perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk membuat prototipe pembangkit frekuensi ultrasonik yang efektif untuk karakterisasi perilaku akustik pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina.
2. Untuk mengidentifikasi pengaruh nilai frekuensi terhadap perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina.
3. Untuk mengidentifikasi pengaruh waktu pemancaran frekuensi terhadap perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina.

1.4 Manfaat Penelitian

a. Bagi penulis:

1. Menambah pengalaman dalam membuat pembangkit frekuensi ultrasonik.
2. Meningkatkan kreativitas dalam pengerjaan penelitian tersebut.

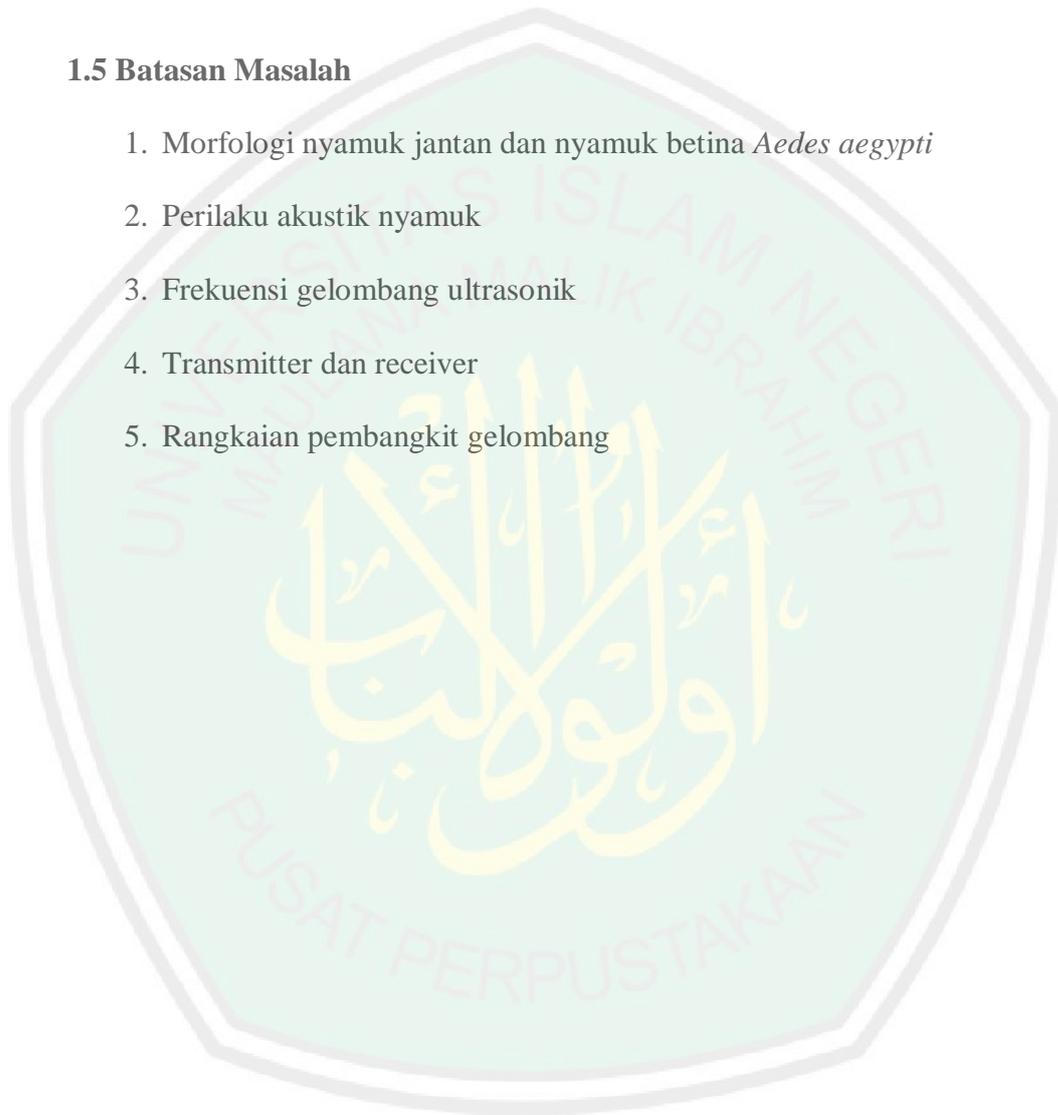
b. Bagi pembaca:

1. Menambah wawasan tentang karakterisasi perilaku akustik menggunakan pembangkit frekuensi ultrasonik nyamuk berdasarkan jenis kelaminnya.

2. Menambah pengetahuan tentang manfaat frekuensi gelombang ultrasonik.
3. Memberi informasi cara penanganan penyebaran nyamuk sebagai vektor penyakit tanpa merusak ekosistem dan rantai makanan di alam.

1.5 Batasan Masalah

1. Morfologi nyamuk jantan dan nyamuk betina *Aedes aegypti*
2. Perilaku akustik nyamuk
3. Frekuensi gelombang ultrasonik
4. Transmitter dan receiver
5. Rangkaian pembangkit gelombang



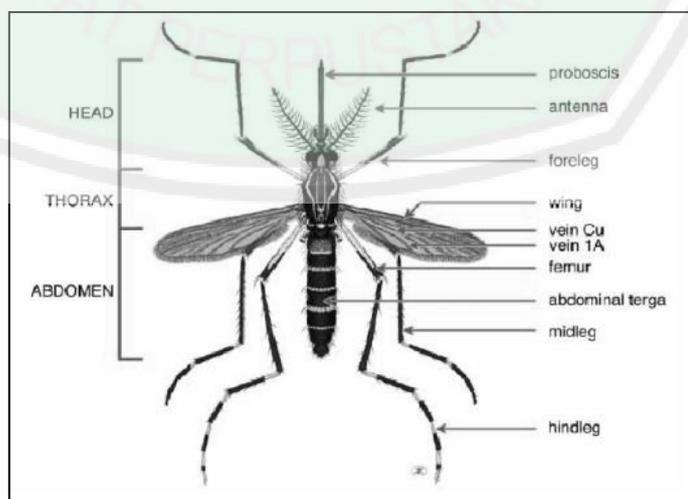
BAB II DASAR TEORI

2.1 Nyamuk *Aedes aegypti*

2.1.1 Morfologi

Nyamuk *Aedes aegypti* termasuk dalam ordo Diptera “di” yang artinya dua sedangkan “pteron” yang artinya sayap sehingga dapat diartikan sebagai serangga yang mempunyai dua pasang sayap (Soulsby, 1982). Menurut Service M.W (1986) nyamuk *Aedes aegypti* diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Kingdom : Animalia
2. Filum : Arthropoda
3. Kelas : Insecta
4. Ordo : Diptera
5. Sub Ordo : Nematocera
6. Famili : Culicidae
7. Sub Famili : Culicinae
8. Genus : *Aedes*
9. Spesies : *Aedes aegypti*



Gambar 2.1 Morfologi nyamuk *Aedes aegypti* (Rueda dan Zootaxa, 2004)

Aedes aegypti yang tersebar luas di daerah tropik dan subtropik merupakan vektor penyakit demam kuning (YF) dan vektor utama virus dengue (DF dan DHF) termasuk di kawasan Asia Tenggara (WHO, 2005). Nyamuk *Aedes* juga menularkan filariasis (Rozenaal, 1997).

Aedes aegypti berwarna hitam dengan loreng-loreng putih sepanjang toraks dan abdomen serta *ring* berwarna putih di kakinya (Christophers, 1960; Kettle, 1984). Antena pada nyamuk dapat digunakan untuk membedakan jenis kelamin *Aedes aegypti*. Antena nyamuk betina memiliki sedikit bulu sehingga disebut antena pilose, sedangkan antena nyamuk jantan memiliki banyak bulu yang disebut antena plumose.

Nyamuk *Aedes aegypti* betina mempunyai mulut yang panjang disesuaikan untuk menusuk dan menghisap darah (Clements, 1963). Mulut nyamuk jantan lebih pendek karena tidak menghisap darah melainkan menghisap madu dan sari-sari tumbuhan (Christophers, 1960). Nyamuk *Aedes aegypti* bersifat antropofilik yaitu menyukai darah manusia dibandingkan darah hewan (Soegijanto, 2006). Nyamuk *Aedes aegypti* tertarik pada cahaya, pakaian berwarna gelap, manusia serta hewan. Ketertarikan tersebut disebabkan oleh kemampuan manusia dan hewan untuk mengeluarkan zat-zat seperti CO₂, beberapa asam amino, panas tubuh, bau badan atau keringat (Hadi dan Koesharto, 2006).

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي ۚ أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۚ يُضِلُّ بِهِ ۚ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ ۚ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ ۚ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴾

“*Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik. (QS. Al baqarah: 26)*

Tafsir Ibnu Katsir (Abdullah, 2004) surat Al-baqarah ayat 26 tentang perumpamaan-perumpamaan dalam Al-qur'an. Abdur Razak meriwayatkan dari Mu'ammarr dari Qatadah menurutnya ketika Allah SWT menyebutkan laba-laba dan lalat dalam perumpamaan yang dibuat-Nya, maka orang-orang musyrik berkata, “*Apa hubungannya laba-laba dan lalat disebutkan?*” Lalu Allah menurunkan firman-Nya:

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي ۚ أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ ﴾

Makna ayat tersebut bahwa Allah SWT memberitahukan bahwa Dia tidak memandang remeh. Ada yang mengartikan, tidak takut untuk membuat perumpamaan apa saja baik dalam bentuk yang kecil maupun besar.

Kata *ما* ini menunjukkan suatu yang kecil atau sedikit. Sedang kata *بعوضة* dalam ayat ini berkedudukan sebagai badal (pengganti). Atau *ما* berkedudukan sebagai nakirah yang disifati dengan kata *ba'udhah* (nyamuk).

Firman-Nya, *فما فوقها*. Mengenai penggalan ayat ini terdapat dua pendapat. Salah satunya menyatakan: “*artinya yang lebih kecil dan hina,*” sebagaimana jika

seseorang disifati dengan tabiat keji dan kikir. Maka orang yang mendengarnya mengatakan: “*benar, ia lebih dari itu,*” maksudnya apa yang disifatkan. Ini merupakan pendapat Al-Kisa’i dan Abu Ubaid, menurut Ar-Razi dan mayoritas muhaqqiqin.

Pendapat kedua dari Qatadah ibnu Di’amah, menyatakan “*artinya yang lebih besar darinya*” karena tidak ada yang lebih hina dan lebih kecil daripada nyamuk. Pendapat ini menjadi pilihan Ibnu Jarir. Sehingga maksud ayat tersebut yaitu Allah memberitahukan bahwa Dia tidak pernah menganggap remeh sesuatu apapun yang telah dijadikan-Nya sebagai perumpamaan, meskipun hina dan kecil seperti halnya nyamuk.

Dalam Tafsir Jalalain (Al-Mahalli, 2008):

فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ

“Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan”

Maksudnya perumpamaan itu benar, tepat dan sesuai yang berasal dari Tuhan mereka, tetapi orang-orang kafir mengatakan, “*apakah maksud Allah menjadikan ini sebagai perumpamaan?*”. مثلاً atau perumpamaan itu berfungsi sebagai tamyiz hingga berarti ‘dengan perumpamaan ini’. ما yang berarti apakah merupakan kata-kata pertanyaan disertai kecaman dan berfungsi sebagai muftada’ atau subyek. Sedangkan ذ berarti yang berikut shilahnya atau kata-kata pelengkapny menjadi khabar atau predikat, hingga maksudnya ialah “*apa gunanya?*” Sebagai jawaban terhadap mereka Allah berfirman: يصل به كثيرا “*dengan perumpamaan itu banyak yang disesatkan oleh Allah*” maksudnya dengan tamsil perbandingan ini yaitu banyak manusia berpaling dari kebenaran disebabkan kekafiran mereka

terhadapnya yaitu orang-orang munafik. ويهدي به كثيرا “*dan dengan perumpamaan itu, banyak pula orang yang diberi-Nya petunjuk*” yaitu dari golongan orang-orang beriman disebabkan mereka membenarkan dan mempercayainya.

Ketika mereka mengetahui perumpamaan itu benar dan tepat, maka mereka menganggap yang demikian itu merupakan penyesatan bagi mereka. Allah telah memberikan petunjuk kepada orang-orang beriman melalui perumpamaan tersebut. Sehingga petunjuk-petunjuk yang diberikan pada orang-orang beriman semakin bertambah dan iman mereka semakin tebal. Kepercayaan mereka atas apa yang mereka ketahui secara benar dan yakin bahwa mereka pasti sesuai dengan apa yang diperumpamakan Allah serta pengakuan mereka atas hal itu (Abdullah, 2004). وما يضل به الا الفاسقين “*dan tidak ada yang disesatkan Allah dengannya kecuali orang-orang yang fasik*” yakni orang yang menyimpang dan tidak mau menaati-Nya. Secara etimologis الفاسق (orang fasik) berarti orang yang keluar dari ketaatan. Masyarakat arab bisa mengemukakan, فسقت الرطبة jika disisi kurma keluar dari kulitnya. Oleh karena itu, tikus disebut sebagai فويسقة karena selalu keluar dari persembunyian untuk melakukan perusakan.

2.1.2 Perilaku Akustik Nyamuk

Sama seperti vertebrata, nyamuk memiliki organ auditori untuk mendeteksi suara pada frekuensi tertentu dan pada intensitas tertentu (Göpfert dan Robert, 2000). Nyamuk mengenali suara dengan antena yang mereka miliki, berfungsi sebagai penerima suara yaitu flagella yang ada di antena, kemudian diteruskan hingga menuju ke bagian distal dari antena. Di bagian distal itulah

terdapat organ pendengaran nyamuk yang sebenarnya yang disebut organ Johnston (Agus dkk, 2013).

Organ Johnston merupakan kompleks organ chordotonal yang tersusun dari ribuan unit mekanoreseptor multiselular yang tersusun secara radial, dan tiap unitnya tersusun atas dua atau tiga neuron sensoris dan dua sel auksilar. Totalnya pada nyamuk betina memiliki 7.500 neuron sensoris pada organ Johnstonnya, sedangkan pada nyamuk jantan total memiliki sekitar 15.000 neuron sensoris pada organ Johnston yang dimilikinya. Oleh sebab itu, banyak para ahli berpendapat bahwa nyamuk jantan lebih sensitif terhadap stimulus suara yang diberikan daripada nyamuk betina (Göpfert dan Robert, 2000).

Salah satunya penelitian yang telah dilakukan Mang'are, et al (2012) menunjukkan bahwa gelombang ultrasonik dengan frekuensi 35-60 kHz memiliki efek terhadap nyamuk *Anopheles tormotus* betina yang merupakan salah satu spesies nyamuk vektor malaria. Efek tersebut berupa ereksi pada antena sebesar 58,5°, pergerakan yang tidak biasa, adanya stress pada sistem saraf hingga terjadi cedera fisik (*physical injury*), kelelahan (*fatigue*) dan jumlah jatuhnya nyamuk.

Organ johnston nyamuk betina sensitivitas akustiknya kurang daripada jantan. Namun, jumlah 7000 sel sensorik dan penginderaan flagellar terdeteksi dari 0,00058 disebabkan oleh +11 nm perpindahan partikel dalam suara, organ johnston nyamuk betinamerupakan salah satu yang paling mekano-sensor kompleks dan organ sensitivitas akustik pada serangga (McIver, 1985). Penelitian yang dilakukan oleh Mang'are, et al (2012) menyatakan frekuensi ultrasonik memiliki efek terhadap nyamuk *Anopheles tormotus* betina yang merupakan

salah satu spesies nyamuk vektor malaria. Efek tersebut berupa ereksi pada antena sebesar 58.5 derajat, pergerakan yang tidak biasa, adanya stress pada sistem saraf hingga terjadi cedera fisik (*physical injury*), kelelahan (*fatigue*) dan jumlah jatuhnya nyamuk.

Denyut suara yang masuk terkait dengan energi akustik yang juga beragam seperti amplitudo membangkitkan antena untuk beresonansi. Hal ini pada gilirannya imobilitas *Anopheles gambiae* betina. Imobilitas ditandai dengan gerakan lemah, kelelahan, jatuh, berbaring di lantai, bergulir, terbang rendah, anggota badan melengkung pada perut. Studi terbaru menunjukkan bahwa nyamuk terdeteksi USG dikisaran 38-44 kHz, terlepas dari sumbernya, mulai merespon dengan menghindar karena muncul stres pada sistem saraf mereka (Mang'are *et al.*, 2012).

2.2 Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara dengan frekuensi mencapai lebih dari 20 kilohertz (kHz). Pada kenyataannya, gelombang dengan frekuensi sebesar itu tidak dapat didengar oleh manusia (Cutnell dan Johnson, 1998). Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat inersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986).

Sutrisno (1985) menyontohkan bunyi dapat didengar karena adanya gangguan yang menjalar ke telinga kita. 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*) (Resnick dan Halliday, 1992). Di bidang kedokteran, frekuensi yang tinggi dari gelombang ultrasonik ini mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat, sehingga sering digunakan untuk diagnosis, penghancuran atau destruktif, dan pengobatan (Cameron dan Skofronick, 1978).

Perangkap menggunakan suara untuk menarik serangga pertama kali dilaporkan pada tahun 1949 dalam studi Wiedemann dimana nyamuk *Anopheles albimanus* jantan ditangkap dalam percobaan dengan pengeras suara. Selanjutnya, metode akustik dikembangkan dalam studi lapangan dan laboratorium untuk menjebak nyamuk lainnya (Silver, 2007).

Studi terkait menunjukkan bahwa efek dari habituasi dan suara bayangan diberikan ultrasonik sinyal penolak tidak efektif untuk mengurangi oviposisi atau untuk mengurangi kerusakan ekonomi. Hal itu diusulkan bahwa efek pembiasaan mungkin dikurangi dengan: mengurangi intensitas sinyal, penyajian pulsa di *unpredict-interval* mampu, berbagai durasi pulsa tidak teratur, atau memindahkan sumber sinyal atau menyampaikan gerakan jelas untuk sumber sinyal (Agee, 1969).

تُسَبِّحُ لَهُ السَّمَوَاتُ السَّبْعُ وَالْأَرْضُ وَمَنْ فِيهِنَّ وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا يُسَبِّحُ بِحَمْدِهِ

وَلَكِنْ لَا تَفْقَهُونَ تَسْبِيحَهُمْ إِنَّهُ كَانَ حَلِيمًا غَفُورًا ﴿٤٤﴾

“Langit yang tujuh, bumi dan semua yang ada di dalamnya bertasbih kepada Allah. dan tak ada satupun melainkan bertasbih dengan memuji-Nya, tetapi kamu sekalian tidak mengerti tasbih mereka. Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyantun lagi Maha Pengampun”. (QS. Al-isra’: 44)

تسبح isim isyaroh artinya bertasbih. له adalah fi'il yang ditujukan pada Allah. السموات السبع و الارض ومن فيهن merupakan fa'il yang menerangkan isim isyaroh artinya langit yang tujuh, bumi dan semua yang ada di dalamnya. وان من شيء artinya dan tak ada suatu pun. الايسبح merupakan fi'il yang berarti melainkan bertasbih. بحمده adalah fa'il yang berarti memuji-Nya, ه mengacu pada Allah. ولكن artinya tetapi, و isim isyaroh. لا تفقهون fa'il yang berarti sekalian tidak mengerti hal ini ditujukan pada manusia yang diberi perumpamaan. تسبحهم fa'il yang berarti tasbih mereka, mereka yang dimaksud adalah seluruh makhluk yang ada di langit dan di bumi. انه artinya sesungguhnya Dia (Allah). كان حلما غفورا artinya maha penyantun lagi maha pengampun.

Tafsir Ibnu Katsir (Abdullah, 2004) surat Al-isra' tentang seluruh makhluk ciptaan Allah bertasbih memujinya. Allah berfirman, tujuh lapis langit dan juga bumi sisinya yang terdiri dari berbagai makhluk telah bertasbih kepada-Nya, mensucikan, mengagungkan, dan membesarkan-Nya dari apa yang dikatakan orang-orang musyrik. Semuanya itu memberikan kesaksian akan keesaan-Nya dalam Rububiyyah dan Ilahiyyah.

وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا يُسَبِّحُ بِحَمْدِهِ

Dan firmannya, “*dan tak ada suatu pun melainkan bertasbih dengan memujinya*”. Maksudnya tidak ada satu pun makhluk melainkan bertasbih seraya memuji Allah.

وَلَكِنْ لَا تَفْقَهُونَ تَسْبِيحَهُمْ

“Tetapi kamu sekalian tidak mengerti tasbih mereka”.

Maksudnya, kalian wahai sekalian manusia, tidak memahami tasbih mereka, karena ia mempunyai bahasa yang berbeda dengan bahasa kalian. Hal itu bersifat umum, berlaku pada hewan, benda-benda, dan juga tumbuh-tumbuhan. Dan yang demikian itu merupakan salah satu dari dua pendapat yang paling masyhur. Sebagaimana yang ditegaskan dalam kitab Shahil Al-Bukhari, dari Ibnu Mas’ud, dimana ia pernah bercerita: *“kami pernah mendengar tasbih yang diucapkan makanan ketika ia tengah dimakan”.*

إِنَّهُ كَانَ حَلِيمًا غَفُورًا

“Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyantun lagi Maha Pengampun”.

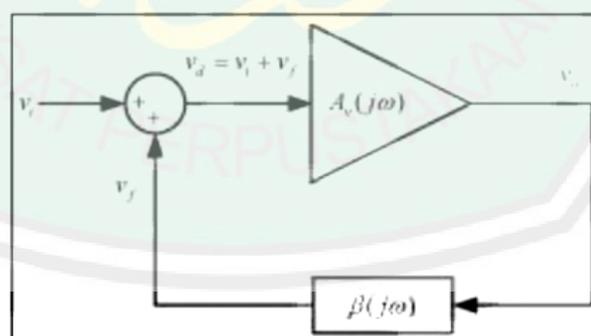
Maksudnya, dia tidak akan segera menimpakan siksaan terhadap orang-orang yang durhaka kepada-Nya, Dia akan mengakhirkan dan menangguhkannya, meskipun mereka terus menerus dalam kekufuran dan keingkarannya. Dia akan mengadzab dengan adzab-Nya yang Mahaperkasa lagi Mahakuasa dan barang siapa yang melepaskan diri dari kekufuran dan kemaksiatan serta kembali kepada Allah dan bertaubat kepada-Nya, maka Dia pun akan menerima taubatnya.

2.3 Rangkaian Osilator

Osilator adalah suatu alat gabungan dari elemen aktif dan pasif untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal atau bentuk gelombang periodik lainnya (Chattopadyay, 1984). Untuk membuat sebuah osilator sinusoidal, membutuhkan penguat tegangan umpan balik positif. Gagasanya ialah menggunakan sinyal umpan-balik sebagai sinyal masuk, dengan kata lain, sebuah osilator adalah sebuah penguat yang telah diubah dengan umpan-balik positif

sehingga dapat dimanfaatkan untuk memberikan sinyal masuk. Rangkaian ini hanya mengubah energi DC dan catu daya menjadi energi AC (Barmawi, 1985). Keluaran osilator bisa berupa bentuk sinusoida, persegi, dan segitiga (Eka, 2014). Umpan balik positif terjadi ketika sinyal keluaran pada rangkaian umpan balik memiliki fase yang sama dengan sinyal masukan sehingga besar sinyalnya adalah sinyal keluaran dan resonator ditambah dengan sinyal masukan. Jika kondisi di atas tercapai, maka osilasi akan terjadi (Gonzalez et al, 1987).

Rangkaian dasar umpan balik osilator ditunjukkan pada gambar 2.6 Gain dan amplifier tegangan disimbolkan oleh $A_v(j\omega)$ dan tegangan pada rangkaian umpan balik ditunjukkan oleh fungsi transfer $B(j\omega)$. 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 A_{v_0} .



Gambar 2.2 Rangkaian dasar osilator (Mervin, 2013)

Dari gambar 2.2 di dapat persamaan sebagai berikut:

$$v_o = A_v(j\omega) v_d \dots\dots\dots (2.1)$$

$$v_f = \beta(j\omega) v_o \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana,

$$v_d = v_i + v_f \dots\dots\dots (2.3)$$

dari persamaan 2.1 dan 2.3, maka didapat persamaan gain tegangan pada lup tertutup sebagai berikut:

$$A_{vf}(j\omega) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_v(j\omega)}{1 - \beta(j\omega)A_v(j\omega)} \dots\dots\dots (2.4)$$

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 2.4, maka penyebut pada persamaan gain lup tertutup juga disamakan dengan v_i sehingga (Irving, 1997):

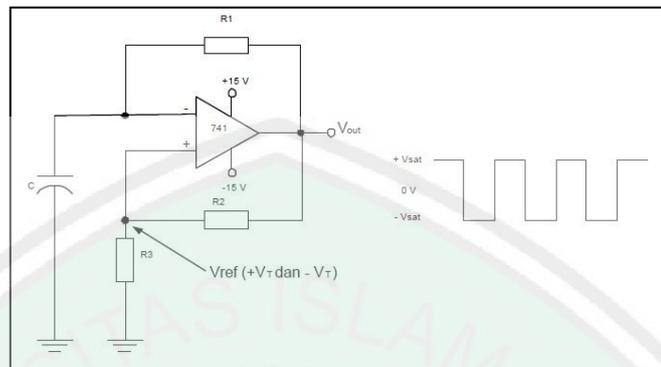
$$1 - \beta(j\omega) A_v(j\omega) = 0$$

atau,

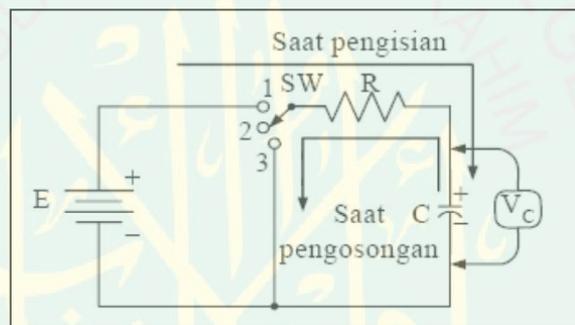
$$\beta(j\omega) A_v(j\omega) = 1 \dots\dots\dots (2.5)$$

Gambar 2.2 merupakan rangkaian dasar pembangkit gelombang kotak dasar. Rangkaian ini terdiri dari dua lintasan umpan balik. Lintasan pertama datang dari keluaran menuju masukan membalik (inverter) yang dihubungkan dengan resistor umpan balik dan sebuah kapasitor yang digroundkan. Kombinasi RC ini menentukan frekuensi kerja pembangkit. Lintasan kedua datang dari keluaran menuju masukan tak membalik (non inverter) dan terdiri dari dua resistor. Resistor-resistor ini membentuk pembagi tegangan yang memberikan tegangan acua (V_{ref}) pada masukan tak membalik. Frekuensi pembangkit dapat dihitung dengan rumus:

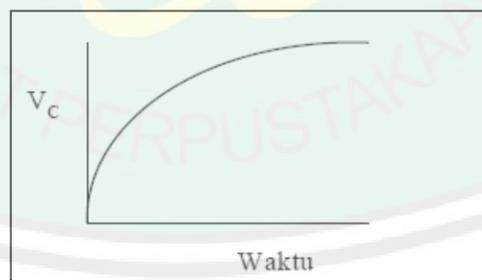
$$f_{out} = \frac{1}{2} RIC \dots \dots \dots (2.6)$$



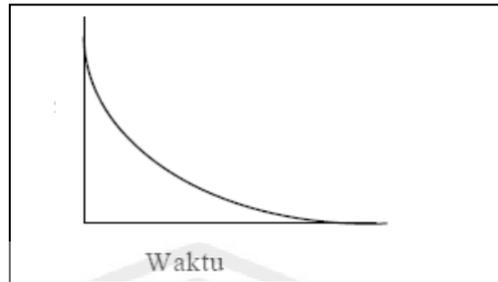
Gambar 2.3 Pembangkit gelombang kotak dasar (Irving, 1997)



Gambar 2.4 Rangkaian dasar pengisian dan pengosongan tegangan kapasitor (Irving, 1997)



Gambar 2.5 Kurva pengisian kapasitor (Irving, 1997)



Gambar 2.6 Kurva pengosongan kapasitor (Irving, 1997):

Persamaan perubahan tegangan kapasitor:

$$\Delta v = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

Δv = perubahan tegangan kapasitor

E = perbedaan tegangan antara tegangan kapasitor yang pertama dan tegangan total.

e = konstanta yang bernilai log (2,718)

t = waktu saat pengisian kapasitor

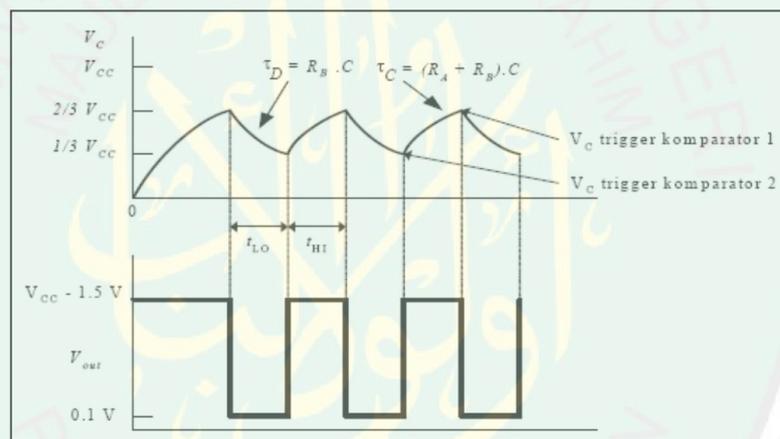
R = resistansi (Ω)

C = kapasitansi (F)

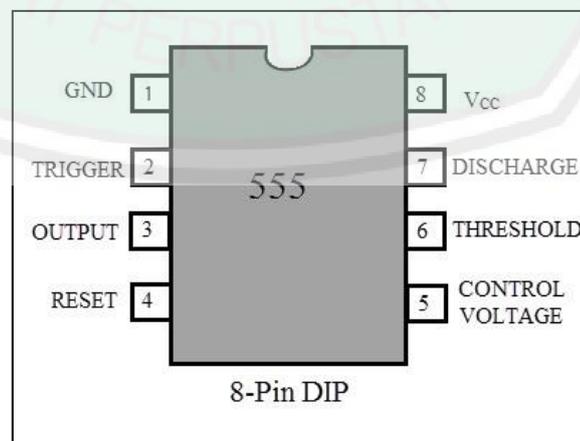
Osilator dengan penguat, induktor dan kapasitor pada dasarnya merupakan osilator yang memanfaatkan rangkaian resonansi seri induktor dan kapasitor (LC). Secara teoritis, induktor dan kapasitor akan mengalami resonansi. Akan tetapi adanya redaman akibat resistansi pada induktor dan konduktansi pada kapasitor osilasi tersebut tidak dapat terjadi dengan sendirinya. Rangkaian LC harus mendapat mekanisme kompensasi terhadap redaman. Pada implementasinya maka induktor dan kapasitor ditempatkan dalam rangkaian umpan balik guna menjaga resonansi berkelanjutan (Mervin, 2013).

2.4.1 IC NE555

IC NE555 yang mempunyai 8 pin (kaki) ini merupakan salah satu komponen elektronika yang cukup terkenal, sederhana, dan serba guna dengan ukurannya yang kurang dari $1/2 \text{ cm}^3$ dan harganya di pasaran sangat murah sekitar Rp. 2.000 s/d Rp. 5.000. Pada dasarnya aplikasi utama IC NE555 ini digunakan sebagai *timer* (pewaktu) dengan operasi rangkaian monostable dan *pulse generator* (pembangkit pulsa) dengan operasi rangkaian *astable*. Selain itu, dapat juga digunakan sebagai *Time Delay Generator* dan *Sequential Timing*.



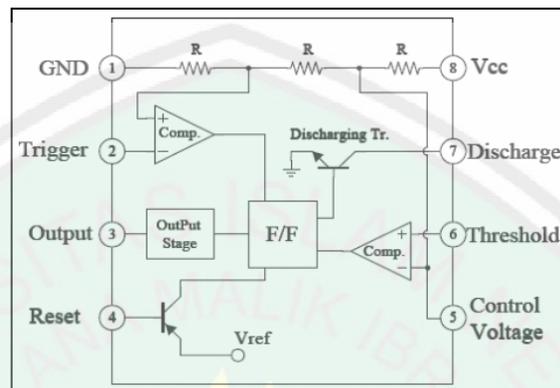
Gambar 2.7 Grafik tegangan pada IC NE555 (Bueche, 1986)



Gambar 2.8 Kaki IC NE555 (Bueche, 1986)

PIN	Kegunaan
1	Ground (0V), adalah pin input dari sumber tegangan DC paling negatif
2	Trigger, input negatif dari <i>lower komparator</i> (komparator B) yang menjaga osilasi tegangan terendah kapasitor pada $1/3 V_{cc}$ dan mengatur RS flip-flop
3	Output, pin keluaran dari IC 555.
4	Reset, adalah pin yang berfungsi untuk me reset latch didalam IC yang akan berpengaruh untuk me-reset kerja IC. Pin ini tersambung ke suatu gate (gerbang) transistor bertipe PNP, jadi transistor akan aktif jika diberi logika low. Biasanya pin ini langsung dihubungkan ke V_{cc} agar tidak terjadi reset
5	Control voltage, pin ini berfungsi untuk mengatur kestabilan tegangan referensi input negative (komparator A). pin ini bisa dibiarkan tergantung (diabaikan), tetapi untuk menjamin kestabilan referensi komparator A, biasanya dihubungkan dengan kapasitor berorde sekitar 10 nF ke pin ground
6	Threshold, pin ini terhubung ke input positif (komparator A) yang akan me-reset RS flip-flop ketika tegangan pada pin ini mulai melebihi $2/3 V_{cc}$
7	Discharge, pin ini terhubung ke open kolektor transistor internal (Tr) yang emittersnya terhubung ke ground. <i>Switching</i> transistor ini berfungsi untuk meng-clamp node yang sesuai ke ground pada timing tertentu
8	V_{cc} , pin ini untuk menerima supply DC <i>voltage</i> . Biasanya akan bekerja

optimal jika diberi 5 V sampai dengan 15 V. Suplai arusnya dapat dilihat pada datasheet, yaitu sekitar 10-15 mA.



Gambar 2.9 Rangkaian didalam IC NE555 (Bueche, 1986)

Pada diagram blok disamping, internal IC NE555 yang kecil ini terdiri dari: 2 buah komparator (pembanding tegangan), 3 buah Resistor sebagai pembagi tegangan, 2 buah Transistor (dalam praktik dan analisis kerjanya, transistor yang terhubung pada pin 4 biasanya langsung dihubungkan ke V_{cc}), 1 buah Flip-flop S-R yang akan mengatur output pada keadaan logika tertentu, dan 1 buah inverter.

Tabel 2.1 Logika output pada kaki-kaki IC NE555

Threshold Voltage (V_{th}) PIN 6	Trigger Voltage (V_{tr}) PIN 2	Reset PIN 4	Output PIN 3	Dicharging Tr. PIN 7
Don't care	Don't care	Low	Low	ON
$V_{th} > 2V_{cc}/3$	$V_{th} > 2V_{cc}/3$	High	Low	ON
$V_{cc}/3 < V_{th} < 2V_{cc}/3$	$V_{cc}/3 < V_{th} < 2V_{cc}/3$	High	-	-
$V_{th} < V_{cc}/3$	$V_{th} < V_{cc}/3$	High	High	OFF

Gambar 2.9 dan tabel di atas, secara umum cara kerja internal IC ini dapat dijelaskan bahwa, ketika pin 4 sebagai reset diberi tegangan 0V atau logika low (0), maka output pada pin 3 pasti akan berlogika low juga. Hanya ketika pin 4 (reset) yang diberi sinyal atau logika high (1), maka output NE555 ini akan berubah sesuai dengan tegangan threshold (pin 6) dan tegangan trigger (pin 2) yang diberikan. Ketika tegangan threshold pada pin 6 melebihi $\frac{2}{3}$ dari supply voltage (V_{cc}) dan logika output pada pin 3 berlogika high (1), maka transistor internal (Tr) akan turn-on sehingga akan menurunkan tegangan threshold menjadi kurang dari $\frac{1}{3}$ dari supply voltage. Selama interval waktu ini, output pada pin 3 akan berlogika low (0). Ketika sinyal input atau trigger pada pin 2 yang berlogika low (0) mulai berubah dan mencapai $\frac{1}{3}$ dari V_{cc} , maka transistor internal (Tr) akan turn-off. Switching transistor yang turn-off ini akan menaikkan tegangan threshold sehingga output IC NE555 ini yang semula berlogika low (0) akan kembali berlogika high (1). Cara kerja dasar IC NE555 merupakan kombinasi penuh dan tidak terlepas dari semua komponen internalnya yang terdiri dari 3 buah resistor, 2 buah komparator, 2 buah transistor, 1 buah flip-flop dan 1 buah inverter, yang kesemuanya itu akan di bahas pada kesempatan lain. Sekaligus dengan rangkaian/komponen external yang mendukungnya.

2.4.2 Arduino UNO

Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source* hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan (Simanjuntak, 2012).

Platform arduino terdiri dari arduino board, shield, bahasa pemrograman arduino, dan *arduino development environment*. Arduino board biasanya memiliki sebuah chip dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. Blok diagram arduino board yang sudah disederhanakan dapat dilihat pada Gambar 2.16. Shield adalah sebuah papan yang dapat dipasang diatas arduino board untuk menambah kemampuan dari arduino board (Simanjuntak, 2012).

Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada arduino board. Bahasa pemrograman arduino mirip dengan bahasa pemrograman C++ (Simanjuntak, 2012).

Arduino Development Environment adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan meng-*compile* program untuk arduino. *Arduino Development Environment* juga digunakan untuk meng-upload program yang sudah di-*compile* ke memori program *arduino board*. Perangkat lunak yang ditulis menggunakan *Arduino Development Environment* disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada *editor* teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi (.ino). Area pesan memberikan memberikan informasi dan pesan error ketika kita menyimpan atau membuka *sketch*. Konsol menampilkan output teks dari *Arduino Development Environment* dan juga menampilkan pesan error ketika kita mengkompail *sketch*. Pada sudut kanan bawah dari jendela *Arduino Development Environment* menunjukkan jenis *board* dan *port* serial yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* digunakan untuk mengecek dan mengupload *sketch*, membuat, membuka atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan serial monitor (Simanjuntak, 2012).

Berikut ringkasan singkat spesifikasi arduino uno dan arduino mega 2560 (arduino.cc):

Tabel 2.2 Spesifikasi arduino uno dan arduino mega 2560 (arduino.cc)

Spesifikasi	Arduino Uno	Arduino Mega 2560
Microcontroller	Atmega328P	ATmega2560
Operating Voltage	5 V	5 V
Input Voltage	7-12 V	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (<i>of which 6 provide PWM output</i>)	54 (<i>of which 15 provide PWM output</i>)
PWM Digital I/O Pins	6	16
Analog Input Pins	6	16
DC Current per I/O Pin	20 mA	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA	50 mA
Flash Memory	32 KB <i>of which 0.5 KB used by bootloader</i>	256 KB <i>of which 8 KB used by bootloader</i>
SRAM	2 KB	8 KB
EEPROM	1 KB	4 KB
Clock Speed	16 Hz	16 Hz



Gambar 2.10 (a) Board Arduino Uno (b) board arduino mega 2560 (Simanjuntak, 2012)

2.4.3 LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display* atau dapat di bahasa Indonesia-kan sebagai tampilan kristal cair) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama (Sutrisno, 1985). LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair.

Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring. Dalam menampilkan karakter untuk membantu menginformasikan proses dan kontrol yang terjadi dalam suatu program robot kita sering menggunakan LCD juga. Yang sering digunakan dan paling murah adalah LCD dengan banyak karakter 16×2.

Modul LCD memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Terdapat 16 x 2 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
2. Setiap huruf terdiri dari 5×7 dot-matriks kursor.
3. Terdapat 192 macam karakter.
4. Terdapat 80 x 8 bit display RAM (maksimal 80 karakter).
5. Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.

6. Dibangun dengan osilator lokal.
7. Satu sumber tegangan 5 Volt.
8. Otomatis reset saat tegangan dihidupkan.
9. Bekerja pada suhu 0°C sampai 55°C.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Membuat pembangkit frekuensi ultrasonik untuk karakterisasi perilaku akustik pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina. Pembangkit frekuensi ultrasonik digunakan karakterisasi perilaku nyamuk *Aedes aegypti* berdasarkan frekuensi yang disukai dan tidak disukai nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina. Frekuensi tersebut dapat diperoleh dengan cara melihat respon perilaku akustik dari masing-masing jenis kelamin nyamuk *Aedes aegypti* terhadap pembangkit frekuensi ultrasonik.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

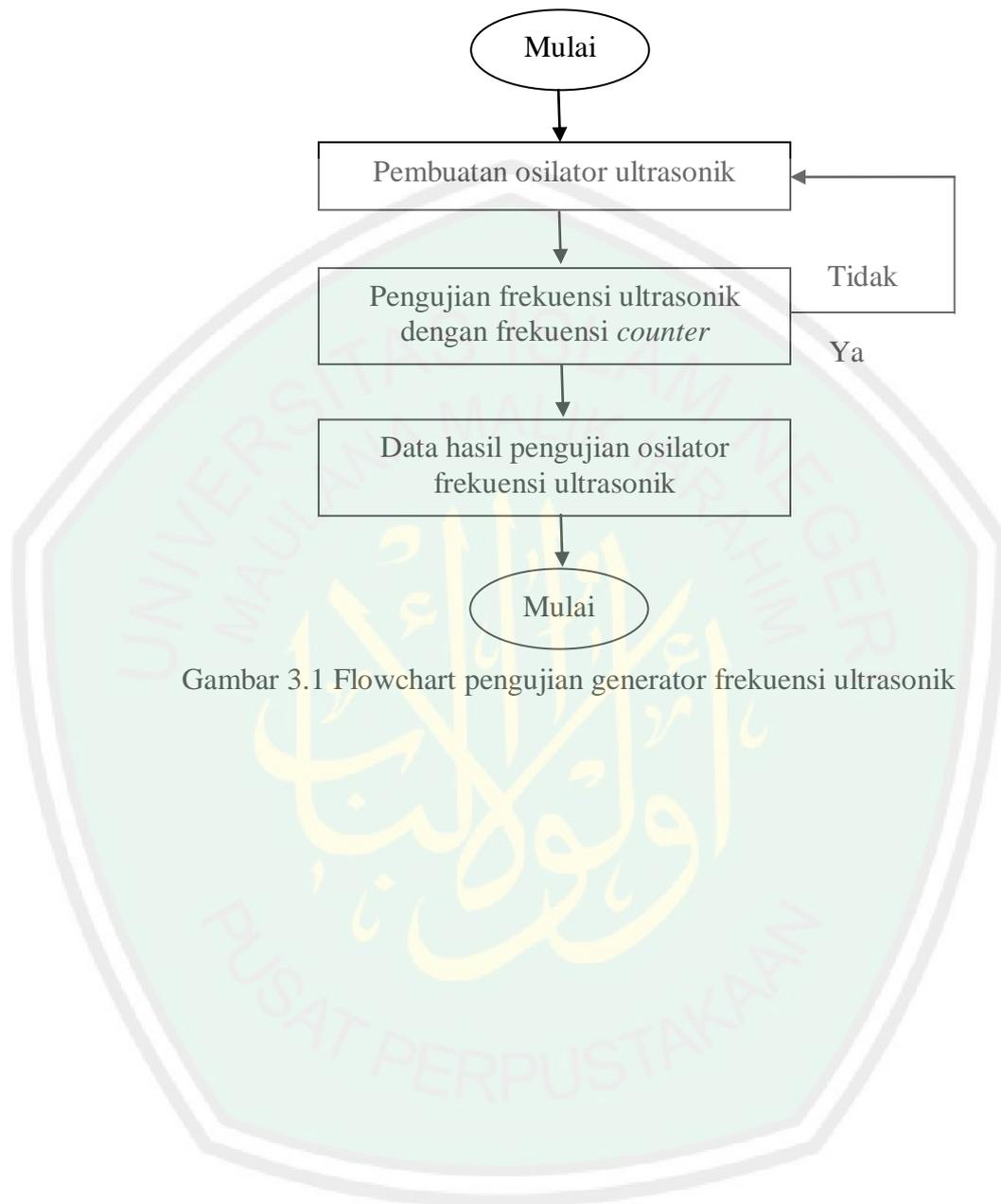
Penelitian tentang rancang bangun pembangkit frekuensi ultrasonik untuk karakterisasi perilaku akustik pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina, akan dilaksanakan pada bulan Juni sampai bulan Agustus 2017 di Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

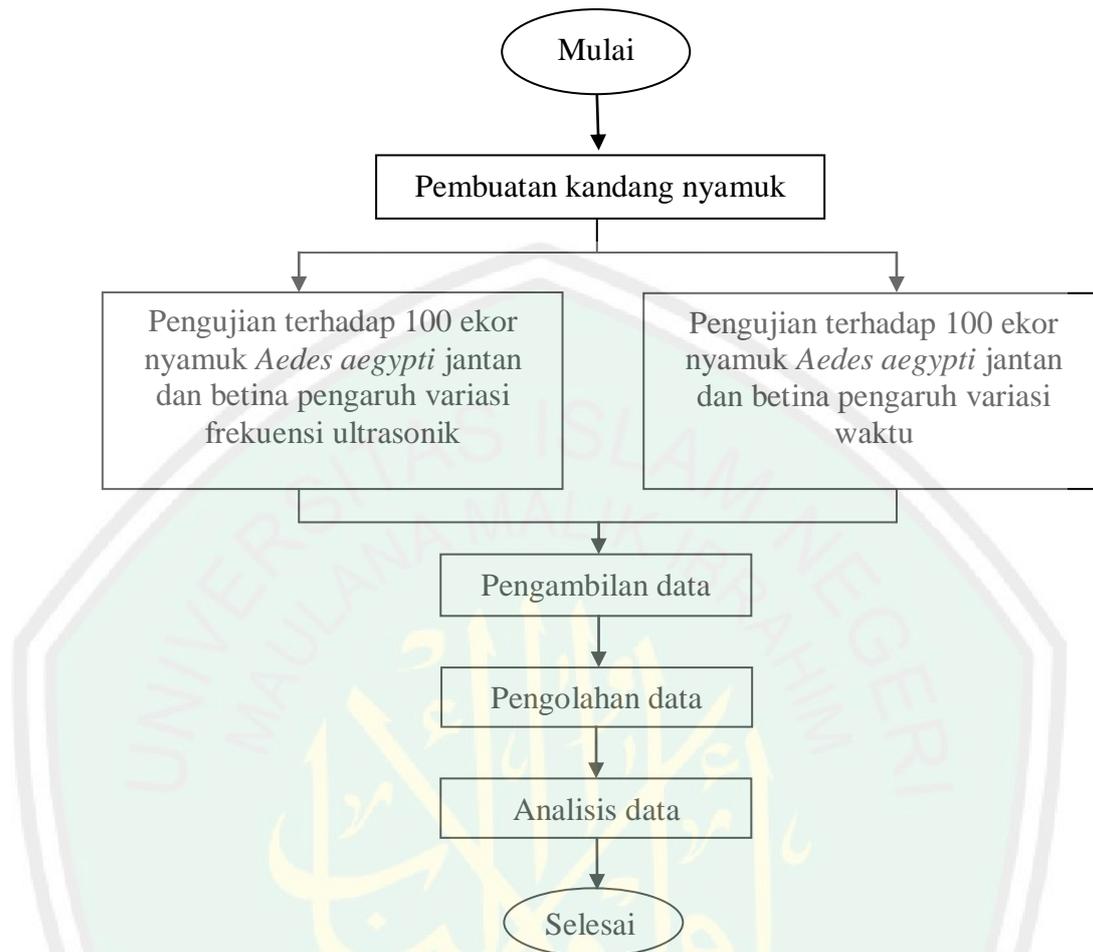
- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. Arduino UNO | 1 buah |
| 2. 16x2 LCD <i>display blue</i> | 1 buah |
| 3. Baterai 9 V | 1 buah |
| 4. IC NE555 timer | 1 buah |
| 5. Selektor | 1 buah |

6. Terminal blok	1 buah
7. <i>Connector wires</i>	10 buah
8. Speaker piezo tweeter	1 buah
9. Potensiometer 10 k Ω	2 buah
10. PCB polos <i>single layer</i>	1 buah
11. Kapasitor 100 nF	1 buah
12. Kapasitor elektrolitik 1 μ F	1 buah
13. Resistor 1 k Ω	1 buah
14. PC, windows 7	1 buah
15. <i>Power supply</i> untuk <i>ultrasonic unit</i> , 5 V DC	1 buah
16. Receiver ultrasonik	1 buah
17. Cobra 3 <i>basic unit</i>	1 buah
18. Multimeter	1 buah
19. Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> Jantan	100 ekor
20. Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> betina	100 ekor
21. Sukrosa	100 ml
22. Aspirator	1 buah
23. Kandang nyamuk, meliputi:	
a. Rangka kandang ukuran 80x40x40 cm	1 set
b. Kain kasa	1 m ²

3.4 Rancangan Penelitian



Gambar 3.1 Flowchart pengujian generator frekuensi ultrasonik

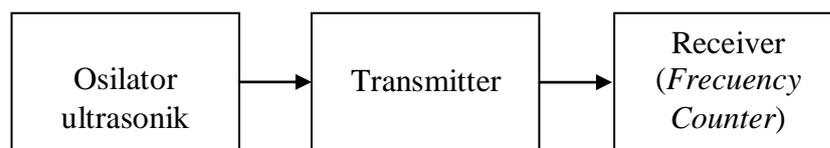


Gambar 3.2 Flowchart pembuatan kandang nyamuk dan pengujian frekuensi ultrasonik pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina

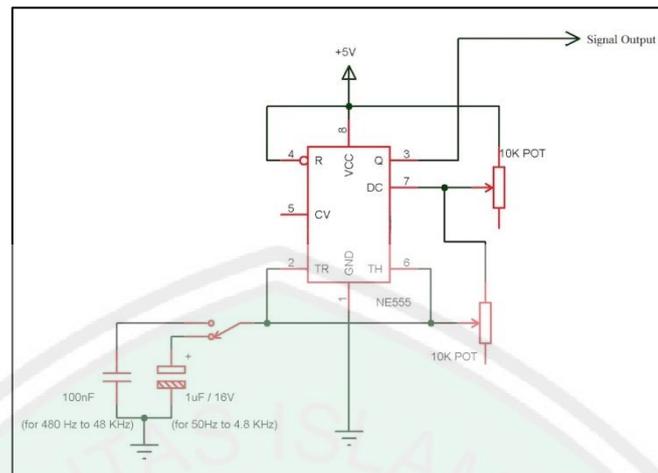
3.5 Tahap dan Alur Penelitian

3.5.1 Perancangan Rangkaian Osilator

Perancangan rangkaian osilator secara garis besar dapat digambarkan pada blok diagram di bawah ini:



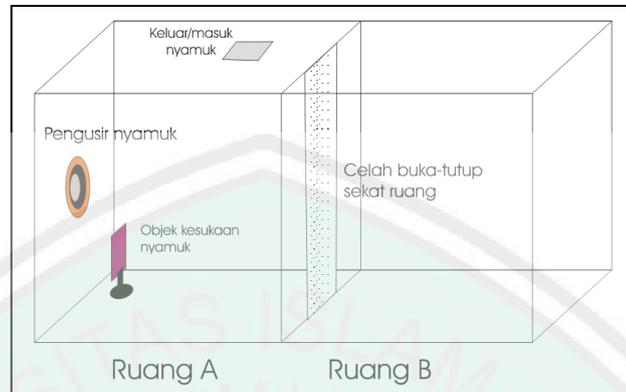
Gambar 3.3 Blok diagram rangkaian pembangkit ultrasonik



Gambar 3.4 Rangkaian osilator frekuensi

Osilator frekuensi digunakan sebagai penghasil frekuensi yang akan ditransmisikan oleh buzzer ultrasonik dan diterima oleh receiver untuk dihitung nilai frekuensi keluarannya. Rangkaian osilator dapat dibuat dengan memperhitungkan komponen-komponen yang digunakan, nilai komponen-komponen yang digunakan, dan lain sebagainya. Pertama, untuk merancang rangkaian osilator harus mengetahui kisaran frekuensi yang akan digunakan. Pada penelitian ini digunakan oleh penulis adalah 20-48 kHz. Frekuensi tersebut dipilih sesuai penelitian tentang rentang frekuensi pada tingkat stress nyamuk yang dilakukan Mang'are (2012).

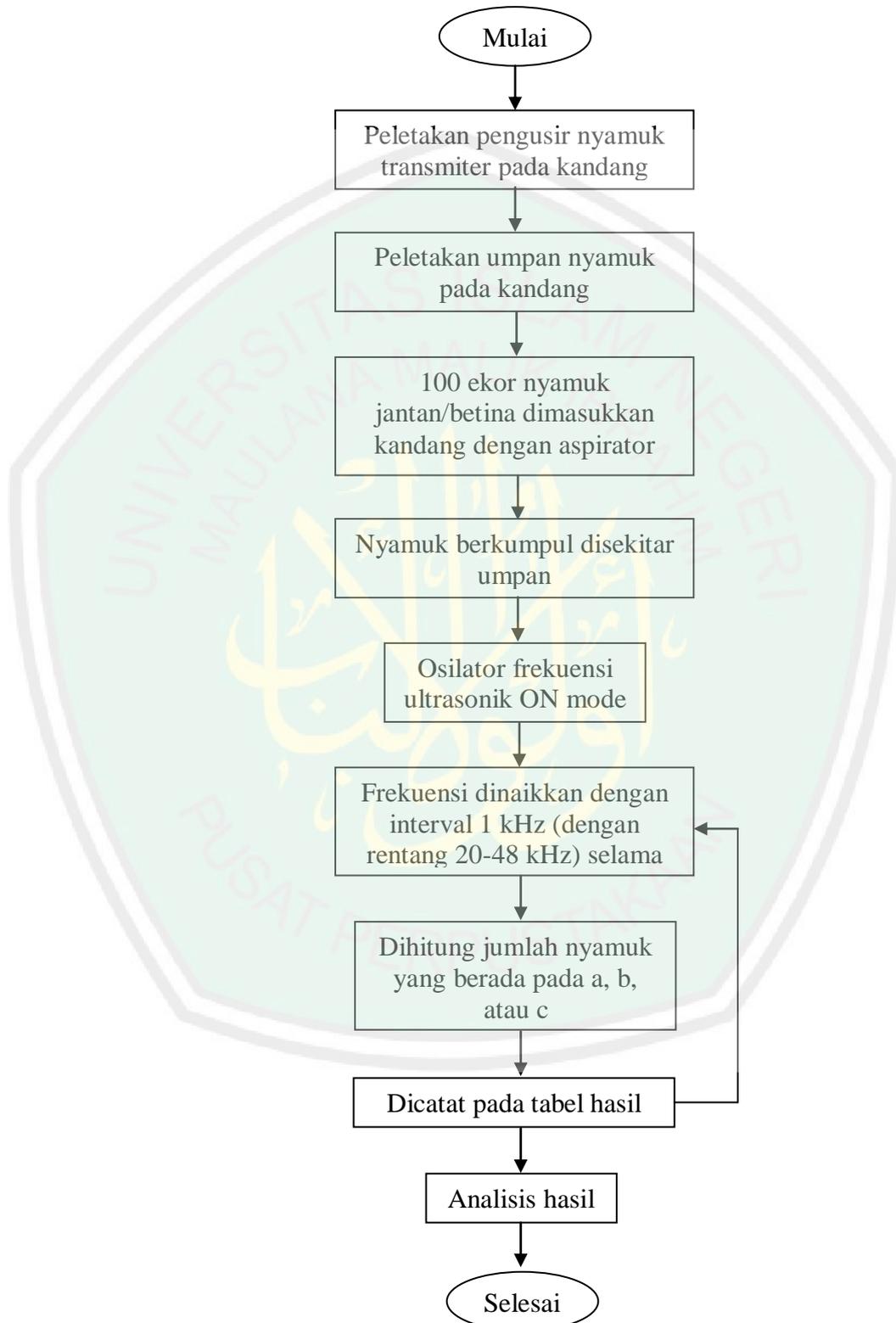
3.5.2 Perancangan Kandang Pengujian



Gambar 3.5 Skema rancangan kandang pengujian

Kandang pengujian dibuat dengan ukuran 80x40x40 cm dengan kapasitas nyamuk *Aedes aegypti* yang diuji sebanyak 100 ekor. Kandang terbuat dari rangka kayu dan satu sisi dinding terbuat dari triplek sedangkan sisi dinding lainnya terbuat dari mika. Seperti yang terlihat pada gambar 3.5 diberikan lubang yaitu yang berfungsi sebagai lubang memasukan dan mengeluarkan nyamuk sekaligus berfungsi sebagai lubang udara. Lubang tersebut dibuat dengan ukuran 10x10 cm dengan penutup dari kain kasa lihat gambar 3.5. Kasa digunakan supaya udara bisa masuk melalui celah-celah kasa tersebut, selain itu memudahkan penulis memasukan dan mengeluarkan nyamuk.

3.5.3 Pengambilan Data



Gambar 3.6 Flowchart pengambilan data variasi frekuensi

Keterangan:

1. Pengujian dimulai dengan meletakkan osilator ultrasonik tersebut diletakkan pada ruang A (lihat gambar 3.4).
2. Umpan (kesukaan nyamuk) yaitu sukrosa dipasang pada ruang A.
3. 100 ekor nyamuk *Aedes aegypti* jantan atau betina dimasukkan pada kandang pengujian menggunakan aspirator.
4. Osilator ultrasonik dinyalakan selama 15 menit.
5. Setelah 15 menit, jumlah nyamuk dihitung sesuai kelompok nyamuk tersebut berada yaitu pada a, b, atau c. Penelitian yang dilakukan oleh Foster dan Walker (2002) menunjukkan bahwa jumlah nyamuk yang terkena efek dari pemancaran frekuensi ultrasonik dapat dihitung dengan melihat posisi nyamuk yang berada pada ruang.
6. Pengujian dilakukan dengan empat kali pengulangan.

Tabel 3.1 Pengujian frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* jantan dengan waktu 15 menit

No	Frekuensi (kHz)	Σ nyamuk (ekor)	Posisi nyamuk (ekor)			Waktu (menit)
			a	b	c	
1.	20	100				15
2.	21	100				15
3.	22	100				15
4.	23	100				15
5.	24	100				15
6.	25	100				15
7.	26	100				15
8.	27	100				15
9.	28	100				15
10.	29	100				15

11.	30	100				15
12.	31	100				15
13.	32	100				15
14.	33	100				15
15.	34	100				15
16.	35	100				15
17.	36	100				15
18.	37	100				15
19.	38	100				15
20.	39	100				15
21.	40	100				15
22.	41	100				15
23.	42	100				15
24.	43	100				15
25.	44	100				15
26.	45	100				15
27.	46	100				15
28.	47	100				15
29.	48	100				15

Tabel 3.2 Pengujian frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* betina dengan waktu 15 menit

No	Frekuensi (kHz)	Σ nyamuk (ekor)	Posisi nyamuk (ekor)			Waktu (menit)
			a	b	c	
1.	20	100				15
2.	21	100				15
3.	22	100				15
4.	23	100				15
5.	24	100				15
6.	25	100				15

7.	26	100				15
8.	27	100				15
9.	28	100				15
10.	29	100				15
11.	30	100				15
12.	31	100				15
13.	32	100				15
14.	33	100				15
15.	34	100				15
16.	35	100				15
17.	36	100				15
18.	37	100				15
19.	38	100				15
20.	39	100				15
21.	40	100				15
22.	41	100				15
23.	42	100				15
24.	43	100				15
25.	44	100				15
26.	45	100				15
27.	46	100				15
28.	47	100				15
29.	48	100				15

Tabel 3.3 Pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* jantan sampai dengan 60 menit

No	Waktu (menit)	Σ nyamuk (ekor)	Posisi nyamuk (ekor)			Frekuensi konstan (kHz)
			a	b	c	
1.	20	100				
2.	30	100				

3.	40	100				
4.	50	100				
5.	60	100				

Tabel 3.4 Pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* betina

No	Waktu (menit)	Σ nyamuk (ekor)	Posisi nyamuk (ekor)			Frekuensi konstan (kHz)
			a	b	c	
1.	20	100				
2.	30	100				
3.	40	100				
4.	50	100				
5.	60	100				

3.5.4 Analisis data

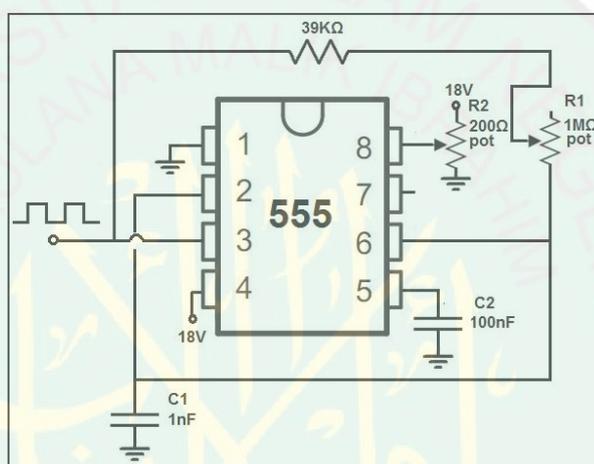
Data yang diperoleh dari penelitian berupa data kuantitatif berupa angka. Data pengaruh frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* diperoleh dari pengambilan data tabel 4.1 dan 4.2 dan data untuk pengaruh waktu terhadap nyamuk *Aedes aegypti* diperoleh dari tabel 4.3 dan 4.4. Analisis data dilakukan dengan membuat grafik pada masing-masing posisi perpindahan nyamuk saat diuji. Pengelompokan wilayah hitung pada kandang ada tiga yaitu a,b, dan c. Tiga wilayah tersebut dibandingkan untuk memperoleh titik puncak dan lembah grafik. Data yang dihasilkan dapat menghasilkan rentang nilai pengujian dengan melihat puncak dan lembah pada grafik hasil pengolahan data. Puncak dan lembah dari penelitian dapat mengidentifikasi seperti, nilai frekuensi ultrasonik dan waktu yang berpengaruh pada nyamuk.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pembuatan Osilator Ultrasonik

Rangkaian osilator frekuensi yang terdiri dari IC NE555, dua buah potensiometer, kapasitor, kapasitor elektrolitik, selektor, dan terminal blok.



Gambar 4.1 Rangkaian osilator ultrasonik

IC NE555 berfungsi sebagai pembangkit pulsa tegangan dari V_{cc} . IC NE555 berasal dari tiga buah resistor yang terdapat pada rangkaian tersebut yang masing-masing nilainya adalah $5\text{ k}\Omega$. Resistor ini akan membentuk rantai pembagi tegangan dari V_{cc} ke ground. Ada tegangan sebesar $\frac{1}{3} V_{cc}$ pada komparator 1 yang melewati resistor $5\text{ k}\Omega$ yang pertama. Dan tegangan $\frac{2}{3} V_{cc}$ pada komparator 2 yang melewati resistor $5\text{ k}\Omega$ yang kedua. Komparator disini berfungsi untuk menunjukkan tinggi atau rendahnya output berdasarkan perbandingan level tegangan analog pada input. Jika input positif lebih besar dari

input negatif maka outputnya akan bernilai tinggi. Sebaliknya jika input positif lebih kecil dari input negatif maka outputnya akan bernilai rendah.

Osilator ultrasonik merupakan alat pembangkit frekuensi ultrasonik dibuat dengan menggunakan IC NE555 yang dirangkai dengan dua buah potensiometer 10 K, kapasitor elektrolit dan kapasitor polimer, serta sumber tegangan Vcc. Prinsip kerja dari sebuah rangkaian osilator dapat dijelaskan dengan model pengisian dan pengosongan kapasitor yang berulang-ulang.

Fungsi resistor pada rangkaian ini adalah sebagai sumber arus bagi pengisian muatan kapasitor, sedangkan kapasitor berfungsi sebagai kopel yang akan menentukan besar tegangan dari komponen penguat aktif. Rangkaian osilator dapat dibuat dengan transistor BJT (Bipolar Junction Transistor), FET dan penguat op-amp (operational amplifier), yang mana bentuk rangkaian untuk setiap komponen aktif perlu disesuaikan dengan karakteristik dari setiap komponen aktif tersebut. Karena cara kerja FET lebih rumit dari cara kerja BJT, rangkaian multivibrator pada umumnya dibuat dengan rangkaian BJT.

Potensiometer berfungsi sebagai pengatur pulsa tegangan yang telah dihubungkan dengan IC NE555. Terdapat dua potensiometer 10 K pada rangkaian ini untuk menghasilkan dua keluaran yang dapat disesuaikan dengan selektor.

Fungsi selektor untuk menghubungkan dan memutuskan aliran listrik (arus listrik) pada jaringan arus listrik kuat maupun jaringan arus listrik yang lemah. Sistem kerjanya sebagai pemutus atau pemilih sinyal secara mekanik. Perbedaan saklar atau switch arus listrik kuat dan arus listrik lemah adalah bentuknya yang

kecil kalau dipakai untuk alat peralatan elektronika arus lemah, sedangkan arus yang kian besar atau kuat, switch yang digunakan pun semakin besar. *Switch toggle* menghubungkan atau memutuskan arus dengan cara menggerakkan *toggle* atau tuas yang ada secara mekanis. Ukuran saklar ini relatif kecil dan sering digunakan pada rangkaian elektronika.

Fungsi terminal blok untuk menghubungkan dan mengisolasi. Tubuh blok utama terbuat dari bahan yang keras, seperti plastik atau keramik, yang secara elektrik mengisolasi blok yang berdekatan. Bagian konduksi terbuat dari logam tahan korosi dan korosi yang kompatibel dengan tembaga.

Pembangkit gelombang merupakan salah satu jenis osilator Δ yaitu yang disebut multivibrator astabil bersifat *free-running*, yaitu tidak memiliki keadaan stabil yang permanen pada suatu periode tertentu, oleh sebab itu tidak dibutuhkan suatu masukan (input). Waktu aktif dari setiap komponen penguat bergantung pada waktu pengisian dan pengosongan kapasitor pada rangkaian. Rangkaian ini terdiri dari dua lintasan umpan balik. Lintasan pertama datang dari keluaran menuju masukan membalik (inverter) yang di hubungkan dengan resistor umpan balik dan sebuah kapasitor yang digroundkan. Kombinasi RC ini menentukan frekuensi kerja pembangkit. Lintasan kedua datang dari keluaran menuju masukan tak membalik (non inverter) dan terdiri dari dua resistor. Resistor-resistor ini membentuk pembagi tegangan yang memberikan tegangan acuan (V_{ref}) pada muatan tak membalik.

Intensitas frekuensi keluaran bersifat tidak stabil dikarenakan menggunakan IC NE555 yang sifatnya tidak stabil. Ketidakstabilan ini

berhubungan dengan sifat osilator pembangkit gelombang ultrasonik yang menggunakan IC NE555 seperti halnya multivibrator astabil.

Output rangkaian berupa nilai frekuensi yang ditampilkan pada LCD dan speaker, secara otomatis nilai output akan berubah-ubah ketika potensio diputar. Speaker berfungsi menyalurkan frekuensi pada sampel hasil osilasi sinyal dalam IC NE555.

Rangkaian arduino dihubungkan pada output rangkain osilator, arduino berfungsi sebagai otak untuk memprogram pembacaan sinyal yang dihasilkan pada rangkaian.

4.1.2 Pengujian Pembangkit Frekuensi Ultrasonik

Pengujian osilator ultrasonik dilakukan dengan menghubungkan ke rangkaian arduino dan LCD 16x2 karena nilai output frekuensi yang dikeluarkan akan ditampilkan pada LCD. Input koding pada arduino menggunakan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM dapat memanipulasi output digital sehingga menghasilkan sinyal analog. Mikrokontroler mengatur output digital ke high dan low bergantian dengan porsi waktu tertentu untuk setiap nilai keluarannya. Durasi waktu untuk nilai high disebut *pulse width* atau panjang pulsa. Variasi nilai output analog didapatkan dari perubahan panjang pulsa yang diberikan pada satu periode waktu dan dilakukan berulang-ulang. Kondisi high adalah kondisi ketika sinyal berada diatas grafik 5 V dan low adalah ketika sinyal berada dibawah 0 V.



Gambar 4.2 Pengujian pembacaan *datalogic* pada rangkaian

Duty cycle adalah persentasi panjang pulsa high dalam satu periode sinyal. Ketika *duty cycle*-nya 0% atau sinyal low penuh, maka nilai analog yang dikeluarkan adalah 0V atau setara dengan ground. Ketika *duty cycle*-nya 100% atau sinyal high penuh maka sinyal yang dikeluarkan adalah 5 V. Nilai pada parameter kedua berkisar antara 0 hingga 255. *Duty cycle* dapat diatur ke 0%, maka diatur nilai parameter ke 0, dan untuk *duty cycle* 100%, maka diatur nilai parameter ke 255. Rangkaian osilator frekuensi diuji dengan memasukkan koding input untuk memunculkan nilai hasil pengolahan sinyal pada rangkaian tersebut.

Nilai pada layar LCD dapat terbaca dengan memutar potensiometer. Saat pengujian dengan arduino sudah dapat terbaca gelombang ultrasonik yang diolah pada IC tersebut. nilai dari pembacaan LCD menunjukkan nilai yang kurang konstan hal ini disebabkan oleh sistem arduino dalam membaca data tidak bisa stabil.

Hasil pengujian menunjukkan nilai frekuensi pada osilator ultrasonik yaitu frekuensi terendah 700 Hz dan frekuensi tertinggi sebesar 48 kHz. Nilai frekuensi

yang dibaca pada arduino menunjukkan nilai yang tidak konstan hal ini dikarenakan pembacaan arduino tidak stabil sehingga nilai yang dimunculkan juga tidak stabil.

4.1.3 Pembuatan Kandang Pengujian

Kandang pengujian berbentuk balok terbuat dari triplek dan kain jaring berukuran 40x40x80 cm. Ukuran kandang ini disesuaikan dengan banyak sampel nyamuk *Aedes aegypti* yang diuji yaitu 100 ekor tiap jenis kelamin nyamuk *Aedes aegypti* serta untuk mempermudah penulis mengamati objek yang diuji.



Gambar 4.3 Kandang pengujian

Ruang dalam kandang dibagi menjadi dua bagian yaitu ruang 1 untuk pengujian nyamuk *Aedes aegypti* betina dan ruang 2 untuk pengujian nyamuk *Aedes aegypti* jantan. Setiap ruangan diberi batas posisi untuk memudahkan penulis mengelompokkan sampel saat pengujian berlangsung.

Ada tiga batas posisi untuk pengelompokan sampel yaitu a, b, dan c. Urutan posisi yang dekat dengan sumber gelombang ultrasonik yaitu a, kemudian

b, dan terakhir c yang terjauh. Terdapat lubang untuk memasukan dan mengeluarkan sampel pada tiap-tiap ruangan.

Bagian belakang kandang terbuat dari triplek yang dicat putih. Warna putih digunakan untuk mempermudah melihat dan mengamati objek yang diamati yaitu nyamuk *Aedes aegypti* dewasa.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Prototipe

Rangkaian penelitian ini menggunakan IC NE555 sebagai komponen utama untuk mengolah sinyal input. Input tegangan rangkaian osilator adalah 5 Volt. Untuk menentukan frekuensi keluaran dari rangkaian ini ada persamaan yang berlaku, dimana ada tiga variabel yang menentukan frekuensi keluarannya yakni, R3, R1, dan C1. Contohnya suatu nilai periode dari frekuensi keluaran rangkaian osilator frekuensi ditentukan 2,35167 ms sesuai dengan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah sistem atau alat ukur. Sehingga diperoleh nilai frekuensi yang diperlukan pada keluaran rangkaian osilator frekuensi adalah 46235,56 Hz sesuai dengan perangkat sistem. Maka untuk mendapatkan keluaran rangkaian dengan frekuensi dan periode tersebut dapat ditentukan dengan memberikan nilai resistor R3, R1 dan kapasitor C1 sebagai berikut.

$$F = 1,44/(R3 \times 2R1)C1 \dots\dots\dots 4.1$$

1,44 merupakan konstanta.

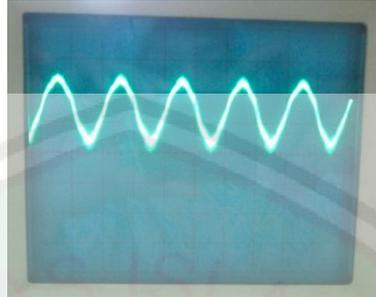
Sistem kerja osilator frekuensi yaitu mengonversi arus DC menjadi arus bolak-balik AC sehingga menghasilkan sinyal listrik periodik dengan amplitudo konstan. Keluaran pin out berlogika rendah yaitu 0 V, dan kapasitor C1 telah

terisi penuh oleh sumber tegangan V_{cc} sampai tegangan 5 V melalui resistor R1. Selama pin out berlogika rendah, *discharging transistor* di dalam pewaktu 555 menjadi ON, mengakibatkan perubahan muatan dari kapasitor C1 menuju GND melalui resistor R2, pin DIS (*discharge*), dan *discharging transistor*, sehingga tegangan kapasitor C1 turun. Karena tegangan pin TRIG (*trigger*) selalu mengikuti tegangan kapasitor C1, ketika tegangan kapasitor C1 hendak jatuh ke nilai di bawah $1/3 V_{cc}$, yaitu 4 V, komparator yang terhubung ke pin TRIG berubah ke logika tinggi dan keluaran pin out berubah ke logika tinggi.

Selama pin out berlogika tinggi, *discharging transistor* di dalam IC NE555 menjadi OFF, mengakibatkan kapasitor C1 terisi muatannya kembali melalui resistor R1, sehingga tegangan kapasitor C1 naik. Karena tegangan pin THRS (*threshold*) juga selalu mengikuti tegangan kapasitor C1, ketika tegangan kapasitor C1 hendak melampaui $2/3 V_{cc}$, yaitu 8 V, komparator yang terhubung ke pin THRS berubah ke logika rendah dan keluaran pin out berubah ke logika rendah kembali, dan fase sebelumnya terulang lagi, begitu seterusnya sampai sumber tegangan V_{cc} dilepas. Pin 1, 4, 6, dan 7 untuk potensio meter. Sinyal keluaran pada pin 3.

Output gelombang berupa gelombang sinusoidal dengan nilai amplitudo pada osilator frekuensi diperoleh hasil 0,11 Volt. Frekuensi output dari rangkaian menunjukkan akurasi yang sesuai dengan kalibrasi alat. Alat ini praktis digunakan karena dapat diubah keluaran frekuensi output disesuaikan dengan pengujian yang penulis lakukan. Rentang transmisi sinyal yang dapat didengar itu tergantung suhu, kelembapan udara, dan frekuensi sinyal. Jika suhu dan kelembapan udara di

pertahankan konstan maka makin tinggi frekuensi sinyal, makin besar penyerapannya di udara.



Gambar 4.4 Sinyal output rangkaian osilator pada osiloskop

Tabel 4.1 Data kalibrasi antara putaran potensiometer dengan detektor ultrasonik unit

No	Potensiometer (Hz)	Detektor (Hz)
1	20211	20211
2	21075	21075
3	22083	22083
4	23102	23102
5	24124	24124
6	25107	25107
7	26095	26095
8	27072	27072
9	28183	28183
10	29092	29092
11	30272	30272
12	31301	31301
13	32069	32069
14	33057	33057
15	34066	34066
16	35206	35206
17	36123	36123

18	37322	37322
19	38237	38237
20	39189	39189
21	40156	40156
22	41174	41174
23	42054	42054
24	43065	43065
25	44172	44172
26	45007	45007
27	46211	46211
28	47127	47127
29	48144	48144

Kalibrasi alat pembangkit frekuensi dilakukan untuk memperoleh nilai keluaran alat penelitian yang sesuai dengan alat dalam laboratorium. Tujuan dilakukan kalibrasi yaitu menyamakan hasil keluaran alat penelitian dengan detektor ultrasonik yang ada. Proses kalibrasi dilakukan dengan memancarkan keluaran rangkaian pembangkit ultrasonik pada detektor ultrasonik yaitu receiver *ultrasonic cobra-unit basic*. Sehingga terbaca nilai gelombang yang diterima oleh receiver. Kalibrasi dilakukan untuk menentukan beberapa titik range frekuensi antara 20-48 kHz. Proses kalibrasi alat dinyatakan berhasil ketika keluaran alat yang dibaca pada LCD sesuai dengan yang terbaca pada detektor ultrasonik unit. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa proses kalibrasi berhasil. Nilai keluaran frekuensi pada alat tidak sepenuhnya menampilkan nilai presisi, hal ini disebabkan rotary potensiometer sangat sensitif dengan pergerakan. Penggunaan IC juga

memengaruhi kestabilan nilai keluaran frekuensi ultrasonik yang dapat disebut noise. IC yang digunakan pada penelitian ini yaitu IC NE555 yang mempunyai sistem kerja seperti multivibrator astabil.

4.2.2 Uji pada Nyamuk *Aedes aegypti*

Pengujian sampel dilakukan di laboratorium fisika modern pada pukul 07.00 pagi hingga selesai. Pengujian dilakukan pada pagi hari karena nyamuk *Aedes aegypti* aktif di waktu tersebut. Nyamuk *Aedes aegypti* betina dan jantan mencari makan di pagi hari. Kondisi lingkungan di pagi hari mendukung nyamuk *Aedes aegypti* untuk terbang mencari makanan. Nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina di habitat asli terbang mencari makanan yang berupa nektar pada tanaman di alam. Nyamuk *Aedes aegypti* betina mengkonsumsi darah manusia atau hewan karena untuk memenuhi asupan protein untuk bertelur.

Sampel nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina disiapkan dalam kandang sementara berbentuk tabung. Kandang sementara ini dilapisi kertas koran yang dibasahi oleh air, tujuannya untuk menjaga kelembaban dalam kandang sementara serta untuk menghalangi cahaya berlebih yang masuk dalam kandang. Nyamuk *Aedes aegypti* menyukai tempat dengan sedikit cahaya.

Pengujian dimulai dengan memindahkan 100 ekor nyamuk *Aedes aegypti* betina dari kandang sementara ke kandang pengujian menggunakan aspirator. Bagian atap kandang diberi makanan nyamuk yaitu cairan glukosa yang ditetaskan pada lembaran-lembaran kapas. Pemberian makanan ini bertujuan sebagai pemikat nyamuk supaya berkumpul pada satu titik tertentu. Ditunggu selama 5 menit sampai nyamuk berkumpul pada makanan, kemudian osilator

dinyalakan dengan satu kali uji frekuensi dipaparkan selama 15 menit. Pengamatan dilakukan dengan melihat posisi gerak nyamuk menjauhi atau mendekati sumber gelombang ultrasonik pada 2 menit sebelum waktu sekali pengujian selesai. Dicatat dalam tabel sesuai posisi keberadaan nyamuk saat itu. Pengujian sampel menggunakan frekuensi 20-48 kHz dengan interval 1 kHz. Pemaparan pada sampel harus diberi jeda dari satu frekuensi ke frekuensi lain, hal ini bertujuan untuk memberikan waktu nyamuk untuk mengistirahatkan indera pendengarannya karena pendengaran nyamuk sangat sensitif terhadap gelombang ultrasonik. Jeda yang diberikan selama 2 menit. Pengujian yang sama dilakukan pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan.

Variabel kontrol pengujian berupa 100 ekor nyamuk *Aedes aegypti* yang tidak diberi perlakuan yaitu tanpa dipapari gelombang ultrasonik. Kondisi nyamuk *Aedes aegypti* pada saat tidak dipapari gelombang ultrasonik yaitu perilaku nyamuk *Aedes aegypti* seperti biasa dengan terbang menyebar dalam kandang.

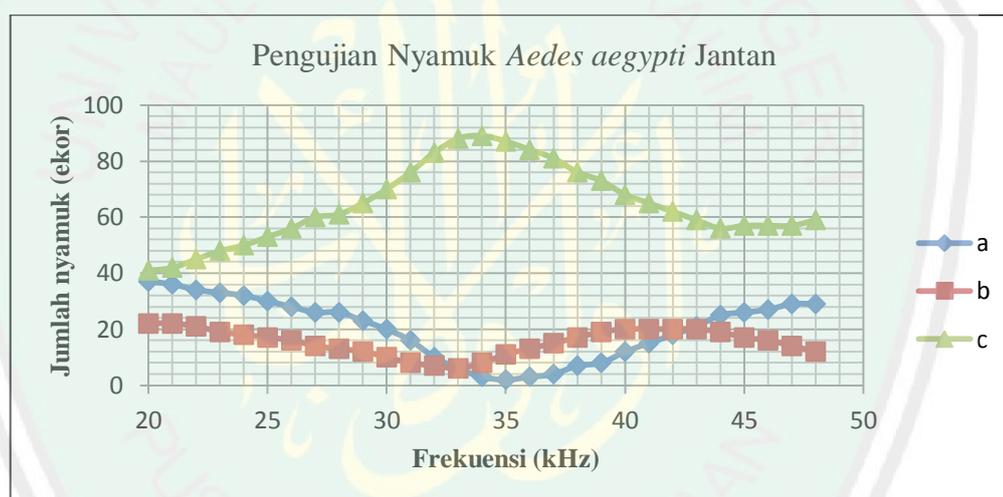
Cara pengambilan data pada pengujian yaitu dengan mengelompokkan posisi terbang dan hinggap nyamuk sesuai rentang tempat yang sudah penulis tentukan. Ada tiga wilayah tempat untuk pengelompokkan efek frekuensi ultrasonik pada sampel, diantaranya: a, b, dan c. Masing-masing wilayah pengelompokan memiliki lebar 13,33 cm dan tinggi 40 cm di dalam ruang dengan posisi berderet. Saat pengujian berlangsung, alat pengujian diletakkan dekat dengan wilayah a, sehingga a adalah wilayah pengelompokkan yang terpapar gelombang ultrasonik dengan intensitas maksimum. b merupakan wilayah yang berada dibelakang a artinya pada wilayah ini intensitas gelombang ultrasonik

tidak sekuat pada wilayah a dan c merupakan wilayah paling jauh dari sumber gelombang ultrasonik sehingga pada wilayah ini intensitas gelombang ultrasonik bernilai minimum diantara 3 wilayah.

Bentuk indera pendengaran nyamuk berupa antena dengan rambut-rambut halus yang disebut Johnston. Terdapat ribuan mekanoreseptor pada organ Johnston ini. Nyamuk sering menanggapi suara dengan menunjukkan perilaku defensif. Perilaku defensif adalah perilaku yang bersifat melindungi seseorang atau sesuatu terhadap serangan, menjaga keamanan, membentengi diri. Perilaku yang ditunjukkan seperti berhenti bergerak sama sekali, terbang rendah, berjalan di tepi kandang pengujian.

Perilaku akustik serangga merupakan perilaku yang ditunjukkan oleh serangga ketika merespon gelombang bunyi. Perilaku akustik pada setiap jenis serangga berbeda-beda, salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti* diantaranya, cahaya, waktu pengujian dan suara nyamuk lain. Cahaya dapat mempengaruhi aktivitas nyamuk pada saat pengujian. Cahaya yang terlalu terang dapat membuat nyamuk pasif dalam beraktivitas, karena nyamuk *Aedes aegypti* tidak menyukai tempat yang terang dan lebih suka dengan objek yang gelap. Pengujian nyamuk dibuat suasana ruangan redup supaya nyamuk dapat beraktivitas secara maksimal sebagai syarat pengamatan terhadap perilaku akustik. Waktu pengujian juga mempengaruhi aktivitas nyamuk saat pengujian. Nyamuk *Aedes aegypti* aktif pada waktu-waktu tertentu yaitu pada pagi hari mulai pukul 06.00 pagi sampai pukul 10.00 siang. Pengujian dilakukan pada waktu tersebut yaitu mulai pukul 07.00-10.00. Pengujian yang dilakukan

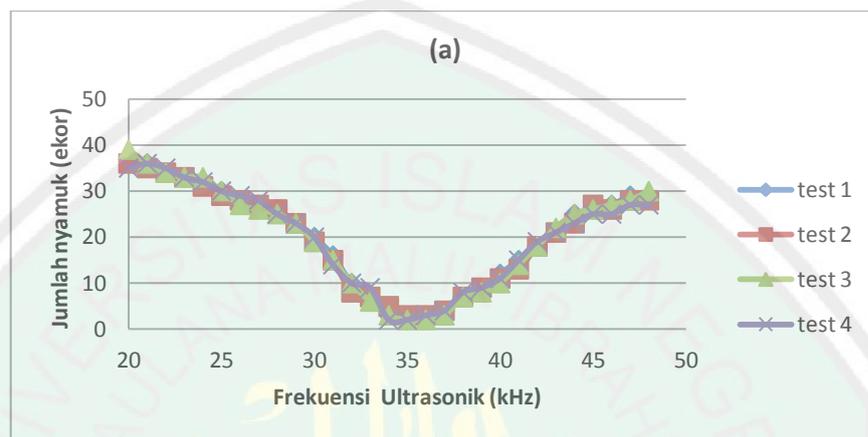
lebih dari waktu tersebut dapat menyebabkan pengamatan kurang maksimal karena dilain waktu tersebut nyamuk mulai istirahat sehingga hasil pengamatan menunjukkan perilaku nyamuk yang pasif dalam kandang. Suara nyamuk lain dalam kandang juga mempengaruhi perilaku akustik nyamuk karena nyamuk dalam kandang pengujian terdapat 100 ekor dan saat nyamuk terbang menghasilkan frekuensi bunyi dari kepakannya. Bunyi ini dapat memancing pendengaran nyamuk lain dalam kandang untuk berpindah mengikuti bunyi tersebut.



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* jantan. a, b, dan c merupakan posisi keberadaan nyamuk saat diuji. (a) terdekat dengan sumber ultrasonik, (b) ditengah dan posisi (c) paling jauh dari sumber

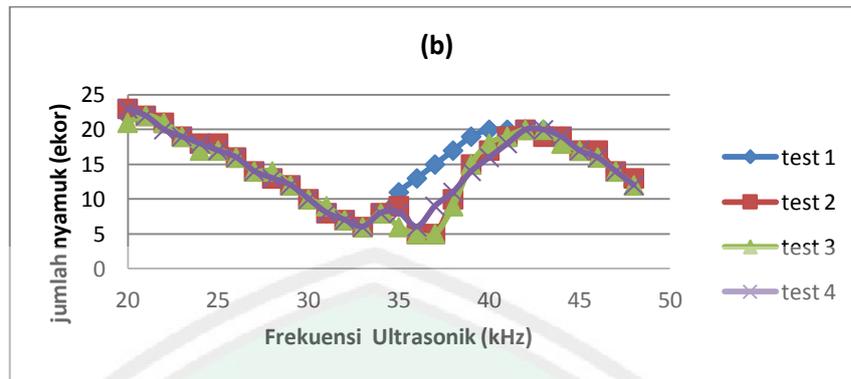
Titik puncak nyamuk *Aedes aegypti* jantan yang berpindah yaitu frekuensi 34 kHz, sebanyak 99 ekor nyamuk *Aedes aegypti* jantan di b dan c dengan pengujian selama 15 menit. Pengujian sampel diulang sebanyak empat kali, sehingga dapat diketahui selisih nilai karakterisasi perilaku nyamuk yang berefek pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan. Gambar 4.4, 4.5, 4.6 menunjukkan hasil pengulangan pada sampel. Selisih pada hasil pengulangan tersebut sangatlah

sedikit. Garis pada grafiknya hampir berimpit. Setiap data yang diperoleh dari pengulangan satu sampai empat hanya memiliki selisi sekitar 2-5 ekor nyamuk tiap variasi frekuensi.



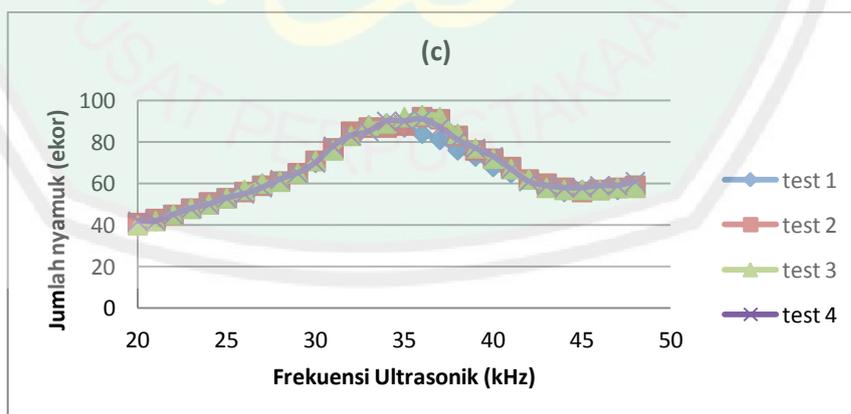
Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* jantan dengan empat kali pengulangan di (a)

Data jumlah nyamuk *Aedes aegypti* jantan pada a dekat dengan sumber gelombang ultrasonik, saat rentang frekuensi 20-25 kHz jumlah nyamuk pada wilayah a sebanyak 30-39 ekor. Jumlah nyamuk pada wilayah ini mengalami penurunan tajam mulai frekuensi 30 kHz sampai 35 kHz, kemudian mengalami kenaikan jumlah nyamuk *Aedes aegypti* jantan secara signifikan pada frekuensi 36-48 kHz. Pada frekuensi 45-48 kHz jumlah nyamuk pada wilayah a sebanyak 25-30 ekor. Indikator rentang frekuensi ultrasonik yang berpengaruh pada a yaitu pada titik paling bawah atau pada saat jumlah nyamuk sangat sedikit yang berada pada a. Rentang frekuensi yang berpengaruh yaitu 33-38 kHz.



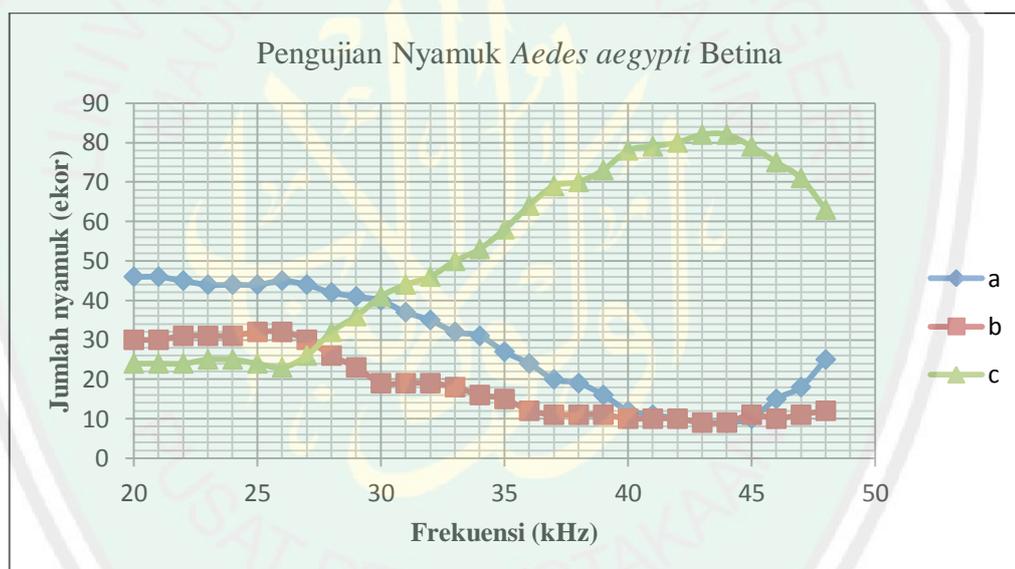
Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* jantan dengan empat kali pengulangan di (b)

Data jumlah nyamuk *Aedes aegypti* jantan pada b, saat rentang frekuensi 20-25 kHz jumlah nyamuk pada wilayah b sebanyak 17-23 ekor. Jumlah nyamuk pada wilayah ini mengalami penurunan tajam mulai frekuensi 25-36 kHz dengan jumlah nyamuk pada b 5-8 ekor. Kemudian mengalami kenaikan jumlah nyamuk *Aedes aegypti* jantan secara signifikan pada frekuensi 38-43 kHz dengan jumlah 10-20 ekor. Jumlah nyamuk mengalami penurunan di b pada frekuensi 45-48 kHz dengan jumlah nyamuk 12-17 ekor.



Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* jantan dengan empat kali pengulangan di (c)

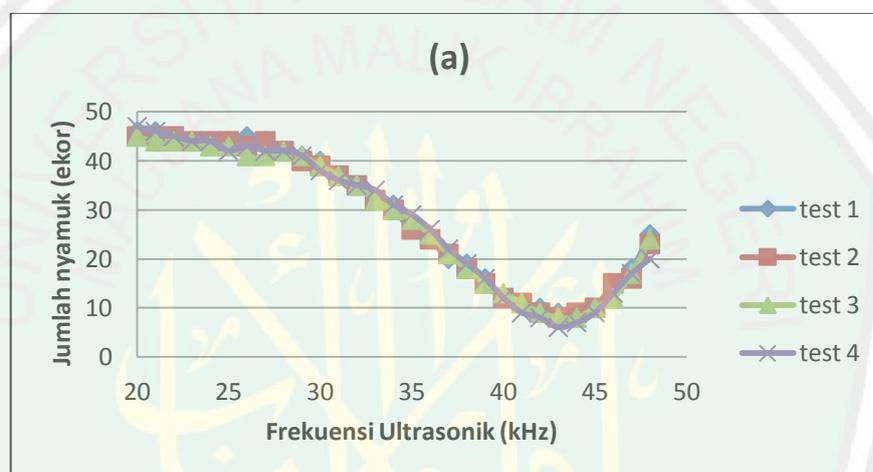
Data jumlah nyamuk *Aedes aegypti* jantan pada c jauh dengan sumber gelombang ultrasonik, saat rentang frekuensi 20-36 kHz jumlah nyamuk pada wilayah c sebanyak 40-93 ekor. Jumlah nyamuk mengalami penurunan pada frekuensi 37-43 kHz dengan jumlah nyamuk turun diangka 59 ekor. Kemudian garis grafik konstan dan naik sedikit pada 44-48 kHz dengan jumlah nyamuk sebanyak 56-61 ekor. Indikator rentang frekuensi ultrasonik yang berpengaruh pada c yaitu pada titik paling tinggi atau pada saat jumlah nyamuk sangat banyak berada di c. Rentang frekuensi yang berpengaruh yaitu 33-38 kHz.



Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* betina. a, b, dan c merupakan posisi keberadaan nyamuk saat diuji. (a) terdekat dengan sumber ultrasonik, (b) ditengah, dan (c) paling jauh dari sumber

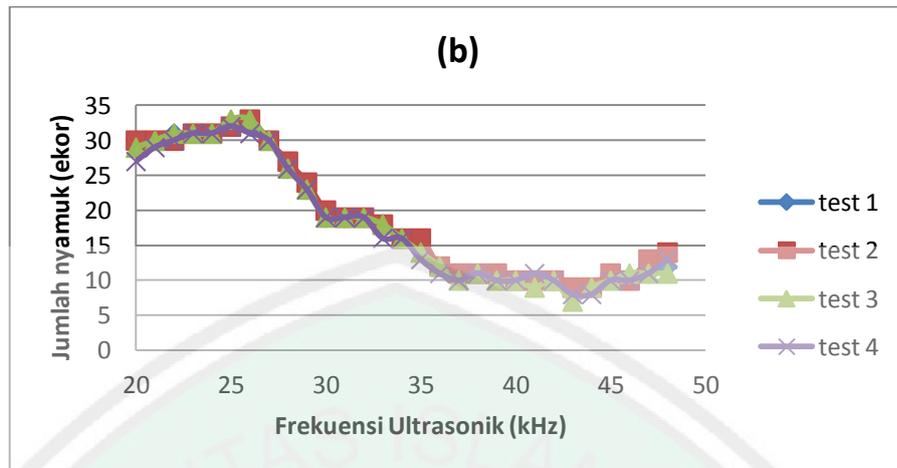
Frekuensi 43 kHz merupakan frekuensi yang paling banyak berpengaruh terhadap perpindahan nyamuk *Aedes aegypti* betina menjauhi sumber frekuensi ultrasonik dengan pengujian 15 menit. Puncak perpindahan posisi nyamuk *Aedes aegypti* betina pada frekuensi 41 kHz sebanyak 91 ekor nyamuk *Aedes aegypti* betina di a dan b. Pengujian sampel diulang sebanyak empat kali, sehingga dapat

diketahui selisih nilai karakterisasi perilaku nyamuk yang berefek pada nyamuk *Aedes aegypti* betina. Gambar 4.9, 4.10, 4.11 menunjukkan hasil pengulangan pada sampel. Selisih pada hasil pengulangan tersebut sangatlah sedikit. Garis pada grafiknya hampir berimpit. Setiap data yang diperoleh dari pengulangan satu sampai empat hanya memiliki selisih sekitar 2-5 ekor nyamuk saja tiap variasi frekuensi.



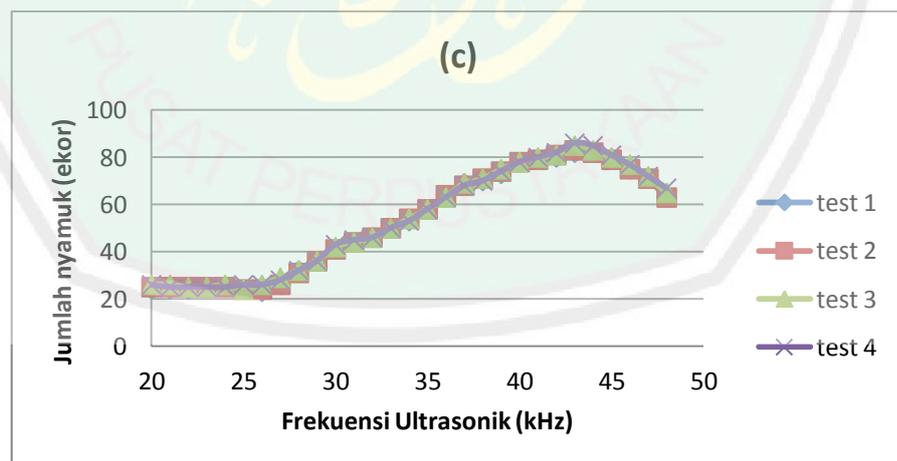
Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* betina dengan empat kali pengulangan di (a)

Data jumlah nyamuk *Aedes aegypti* betina pada a dekat dengan sumber gelombang ultrasonik, saat rentang frekuensi 20-25 kHz jumlah nyamuk pada wilayah a sebanyak 42-47 ekor. Frekuensi 26-44 kHz jumlah nyamuk mengalami penurunan mulai dari 44 ekor menjadi 6 ekor. Frekuensi 45-48 kHz jumlah nyamuk meningkat mulai 10-25 ekor. Indikator rentang frekuensi ultrasonik yang berpengaruh pada a yaitu pada titik paling bawah atau pada saat jumlah nyamuk sangat sedikit yg berada pada a. Rentang frekuensi yang berpengaruh yaitu 41-46 kHz.



Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* betina dengan empat kali pengulangan di (b)

Data jumlah nyamuk *Aedes aegypti* betina pada b, saat rentang frekuensi 20-26 kHz jumlah nyamuk pada wilayah b sebanyak 30-33 ekor. Jumlah nyamuk pada wilayah ini mengalami penurunan tajam mulai frekuensi 27-44 kHz dari 30 ekor sampai 8 ekor. Kemudian mengalami kenaikan jumlah nyamuk *Aedes aegypti* betina pada frekuensi 44-48 kHz dengan jumlah 10-14 ekor.



Gambar 4.12 Grafik hasil pengujian sampel nyamuk *Aedes aegypti* betina dengan empat kali pengulangan di (c)

Data jumlah nyamuk *Aedes aegypti* betina pada c jauh dengan sumber gelombang ultrasonik, saat rentang frekuensi 20-26 kHz jumlah nyamuk hampir konstan pada wilayah c sebanyak 23-26 ekor. Jumlah nyamuk mengalami peningkatan pada frekuensi 27-44 kHz dengan jumlah nyamuk. Kemudian garis grafik konstan dan naik sedikit pada 44-48 kHz dengan jumlah nyamuk sebanyak 26-86 ekor. Indikator rentang frekuensi ultrasonik yang berpengaruh pada c yaitu pada titik paling tinggi atau pada saat jumlah nyamuk sangat banyak berada di c. Rentang frekuensi yang berpengaruh yaitu 41-46 kHz.

Keadaan nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina sebelum dipapari rentang frekuensi ultrasonik tersebut yaitu 70% diam dan 30% bergerak dan terbang didalam kandang. Setelah dipapari frekuensi ultrasonik nyamuk *Aedes aegypti* yang diam mulai bergerak dan terbang dengan arah acak kemudian diam di tempat yang agak jauh dari sumber frekuensi ultrasonik yaitu di posisi b dan c. Nyamuk *Aedes aegypti* yang berada didekat sumber frekuensi ultrasonik keadaannya terbang pelan disekitar sumber frekuensi ultrasonik. Respon nyamuk *Aedes aegypti* jantan lebih cepat tanggap yaitu >9 menit sudah dapat diamati dibandingkan nyamuk *Aedes aegypti* betina.

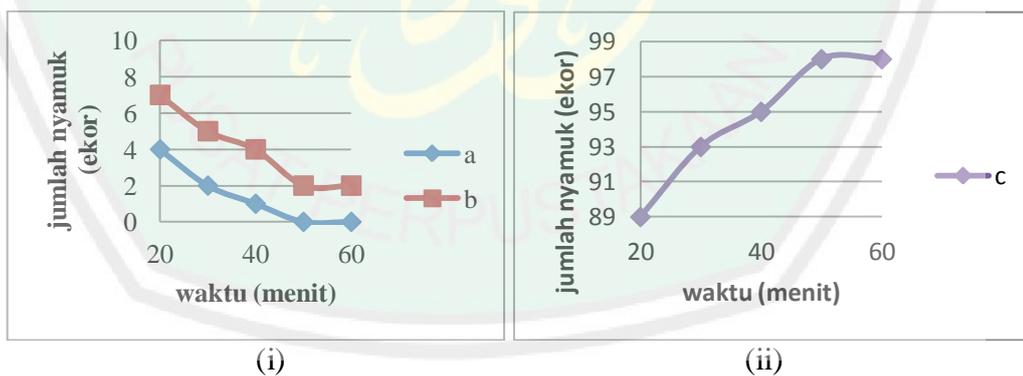
Ketika nyamuk *Aedes aegypti* betina didekatkan dengan *Aedes aegypti* jantan karena kandang yang bersebelahan, maka tidak ada pengaruh apa-apa pada karakterisasi nyamuk betina. Sebagian besar peneliti memaparkan bahwa tingginya populasi gigitan nyamuk dengan berdesak-desakan pada posisi terbang atau berjalan, nyamuk tidak akan saling menghindar satu dengan lain. Suara nyamuk jantan tidak menghalangi nyamuk betina untuk mengigit dan faktanya

ada beberapa spesies nyamuk jantan dan betina tertarik dengan kelompoknya tanpa saling mengganggu (Belton, 1981).

Hasil pengujian pengaruh variasi waktu pemaparan gelombang ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* dengan frekuensi sebagai variabel terikat. Frekuensi ultrasonik pada pengujian ini dipilih dari rentang frekuensi yang berpengaruh pada pengujian variasi frekuensi. Frekuensi untuk nyamuk *Aedes aegypti* jantan 34 kHz dan untuk nyamuk *Aedes aegypti* betina 43 kHz.

Tabel 4.2 Data pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* jantan sampai dengan 60 menit

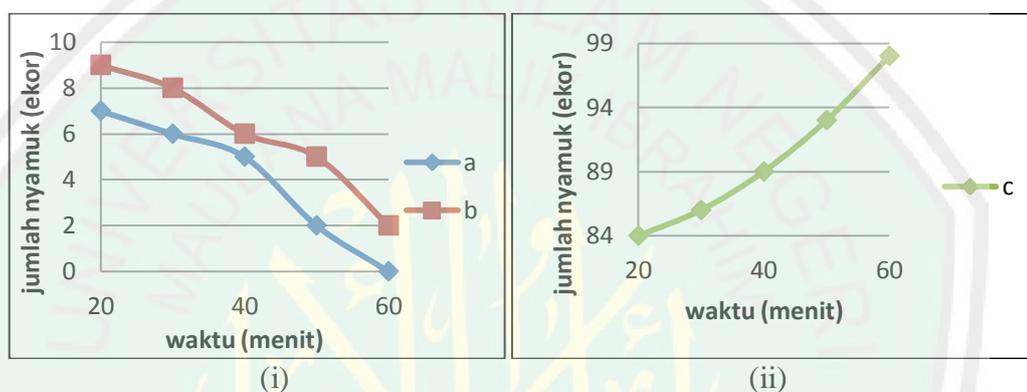
Waktu (Menit)	Nyamuk (ekor)	Posisi			Frekuensi Konstan (kHz)
		a	b	c	
20	100	4	7	89	34
30	100	2	5	93	34
40	100	1	4	95	34
50	100	0	2	98	34
60	100	0	2	98	34



Gambar 4.13 Grafik pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* jantan sampai dengan 60 menit. (a, b, dan c merupakan posisi keberadaan nyamuk saat diuji. (a) terdekat dengan sumber ultrasonik, (b) ditengah dan posisi (c) paling jauh dari sumber. (i) data hasil pengujian pada a dan b. (ii) data hasil pengujian pada c)

Tabel 4.3 Pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* betina sampai dengan 60 menit

Waktu (Menit)	Nyamuk (ekor)	Posisi			Frekuensi Konstan (kHz)
		a	b	c	
20	100	7	9	84	43
30	100	6	8	86	43
40	100	5	6	89	43
50	100	2	5	93	43
60	100	0	2	98	43



Gambar 4.14 grafik Pengujian pengaruh waktu pemancaran ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* betina sampai dengan 60 menit. (a, b, dan c merupakan posisi keberadaan nyamuk saat diuji. (a) terdekat dengan sumber ultrasonik, (b) ditengah, dan (c) paling jauh dari sumber. (i) data hasil pengujian pada a dan b. (ii) data hasil pengujian pada c)

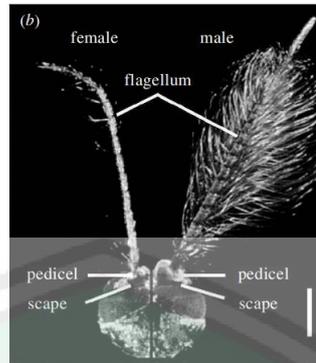
Data dari tabel 4.2 dan tabel 4.3 menunjukkan pengaruh lama waktu pemaparan frekuensi ultrasonik terhadap nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina menyebabkan semakin banyak posisi nyamuk yang berpindah menjauhi sumber gelombang ultrasonik. Perilaku yang ditunjukkan oleh sebagian besar nyamuk saat pemaparan 50 menit yaitu 90% nyamuk *Aedes aegypti* jantan dan betina mengalami kelelahan seperti, terbang rendah, berjalan di dinding kandang, diam dalam waktu yang lama.

Tanggapan gelombang ultrasonik pada nyamuk *Aedes aegypti* meliputi: daya tarik seks, pertahanan wilayah dan perubahan lintasan terbang untuk mempertahankan kelompoknya.

Pengaruh frekuensi ultrasonik pada nyamuk *Aedes aegypti* yaitu dapat mengganggu sistem pendengaran nyamuk *Aedes aegypti* yang ada pada bagian Johnston. Nyamuk mungkin memiliki mekanoreseptor sensitif terhadap frekuensi tinggi, tetapi belum ada penelitian fisiologis yang telah dilakukan untuk menemukannya. Saat ini, tidak ada bukti ilmiah bahwa perilaku nyamuk betina dipengaruhi oleh frekuensi suara tetapi ini tidak boleh menghambat penelitian lebih lanjut ke efek frekuensi ultrasonik dan juga frekuensi yang lebih rendah dari irama sayap, yang mana antena dari nyamuk betina sensitif.

Bunyi pada intensitas ini tidak dapat didengar pada jarak lebih dari 1 m, melebihi kebisingan latar belakang (*suburban living room*). Ketepatan kontrol waktu dan sinyal frekuensi yang diaktifkan oleh teknologi komputer memiliki potensi yang dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas perangkat nyamuk.

Langkah pertama berbeda dalam pendengaran nyamuk yaitu transmisi energi kinetik dari osilasi partikel di bidang suara ke getaran mekanis flagellum antennal yang bertindak sebagai penerima suara. Secara eksperimental, proses ini diperiksa dengan menggunakan analisis masukan-keluaran berdasarkan pengukuran simultan dari kedua perpindahan partikel dan perpindahan flagellum.



Gambar 4.15 Struktur antenna pada nyamuk. Mikrograf pemindaian cahaya arsitektur antenna pada pria dan wanita *T. brevipalpis*. Bilah skala 0,5 mm

Karakteristik sistem pendengaran pada nyamuk jantan dan nyamuk betina yaitu dari analisis defleksi-bentuk, flagela jantan dan betina bergerak hampir seperti batang kaku mengayunkan sekitar soket mereka (sambungan pedikel-flagela) ketika dirangsang pada frekuensi yang relevan secara biologis. Dengan demikian flagela bertindak seperti osilator harmonik sederhana, gaya teredam pada mode dasar. Menariknya, flagela nyamuk jantan dan nyamuk betina beresonansi pada frekuensi yang berbeda. Nyamuk jantan menghasilkan suara pada frekuensi di atas resonansi flagela dari nyamuk jantan dan nyamuk betina. Kedua jenis kelamin juga berbeda pada sensitivitas mekanik (df/dp) mereka yaitu nyamuk jantan $df/dp=4.3$ dan nyamuk betina $df/dp=2.8$. Organ johnston nyamuk betina sensitivitas akustiknya kurang daripada nyamuk jantan. Namun, terhitung 7000 sel sensor. Organ johnston nyamuk betina berada diantara paling rumit dan organ mekano-sensor sensitif secara akustik pada serangga (Göphert dan Robert, 2000).

4.3 Integrasi

Nyamuk ialah serangga kecil yang banyak dijumpai di daerah tropis seperti di Indonesia. Allah memberi perumpamaan seekor nyamuk pada manusia supaya mereka berpikir. Allah berfirman:

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۖ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴾

“Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, Maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?." dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik. (QS. Al baqarah: 26)

Sebab-sebab nyamuk dijadikan perumpamaan ialah yang pertama ukuran nyamuk yang sangat kecil dibandingkan manusia. Kedua, nyamuk merupakan serangga kecil yang dapat membawa dampak negatif dengan menyebarkan penyakit dari manusia satu ke manusia lainnya. Ketiga, lingkungan hidup nyamuk sebagian besar di lingkungan yang kumuh dan kotor. Misalnya, jentik nyamuk hidup genangan air di selokan. Sebab-sebab tersebut yang menjadikan nyamuk dianggap sebagai makhluk kecil yang rendah dan sering membuat kerusakan.

Nyamuk mempunyai dampak positif dan dampak negatif pada ekosistem. Dampak positifnya, larva nyamuk berperan penting pada rantai makanan yaitu sebagai makanan beberapa jenis ikan. Dalam bentuk larva, nyamuk menghasilkan substansi biomassa mulai dari ekosistem perairan, kolam-kolam hingga pada

genangan air di ban bekas. Larva nyamuk memakan daun-daun busuk, detritus organik dan mikroorganisme. Larva nyamuk menghasilkan zat nitrogen yang bermanfaat bagi tanaman. Beberapa spesies nyamuk berperan dalam penyerbukan tanaman tropis seperti coklat (dilakukan oleh spesies-spesies nyamuk dari keluarga *ceratopogonids*). Nyamuk dapat digunakan sebagai indikator dini bagi permasalahan kesehatan. Penelitian studi entomologi *University of Florida* menyatakan bahwa nyamuk mampu mendeteksi dan memilih darah yang akan dihisap. Darah yang berbau asam laktat dan asam urat, serta darah yang berbau kolesterol menjadi kesukaan nyamuk.

Dampak negatif nyamuk diantaranya, mempercepat penyebaran penyakit dan virus pada manusia (malaria, demam kuning, demam berdarah, demam encefalitis, virus chikungunya, virus *west nile*). Keberadaan nyamuk dapat mengganggu aktivitas manusia seperti, saat tidur nyamuk terbang di telinga dan membuat berisik sehingga tidur terganggu. Dampak negatif nyamuk membuat banyak orang yang berlomba-lomba untuk menciptakan alat pengusir nyamuk dan pembasmi nyamuk dengan berbagai jenis bentuk serta bahannya. Sehingga manusia perlu berpikir untuk menjadi manusia yang bermanfaat atau sebaliknya seperti halnya nyamuk.

Berkaitan dengan nyamuk dalam penelitian ini, untuk menanggulangi dampak negatif yang disebabkan oleh nyamuk maka dibuatlah alat pembangkit frekuensi ultrasonik untuk karakterisasi perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti*. Frekuensi ultrasonik yang diuji coba pada nyamuk *Aedes aegypti* menunjukkan perubahan perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti* yaitu dengan banyaknya

jumlah nyamuk *Aedes aegypti* yang menjauhi sumber bunyi pada rentang frekuensi dan waktu tertentu. Sehingga penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk membuat alat pengusir nyamuk *Aedes aegypti* yang hidup dilingkungan sekitar kita.

Suara atau bunyi merupakan gelombang longitudinal yang merambat melalui medium (padat, cair, dan gas), dihasilkan oleh getaran mekanis dan merupakan hasil perambatan energi. Batas frekuensi bunyi yang dapat didengar oleh manusia sekitar 20 Hz sampai 20 kHz disebut audiosonik. Suara diatas 20 kHz disebut ultrasonik dan dibawah 20 Hz dinamakan infrasonik.

Gelombang bunyi ultrasonik dan infrasonik dapat didengar dan dihasilkan oleh mahluk hidup yang mempunyai kemampuan tersebut. Misalnya: kelelawar, lumba-lumba, kucing, nyamuk dan lainnya.

تُسَبِّحُ لَهُ السَّمَوَاتُ السَّبْعُ وَالْأَرْضُ وَمَنْ فِيهِنَّ وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا يُسَبِّحُ بِحَمْدِهِ
وَلَكِنْ لَا تَفْقَهُونَ تَسْبِيحَهُمْ إِنَّهُ كَانَ حَلِيمًا غَفُورًا

“Langit yang tujuh, bumi dan semua yang ada di dalamnya bertasbih kepada Allah. dan tak ada satupun melainkan bertasbih dengan memuji-Nya, tetapi kamu sekalian tidak mengerti tasbih mereka. Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyantun lagi Maha Pengampun” (QS. Al isra’: 44)

Bertasbih bermakna luas, yaitu cara bertasbih setiap makhluk berbeda-beda sesuai ketentuan Allah akan tetapi tidak banyak manusia yang mengetahuinya. Ada yang bertasbih dengan bersuara, bergerak, diam, dan sebagainya. Contohnya, beberapa makhluk bertasbih dengan bersuara, suara tersebut bisa berupa komunikasi dengan bunyi ultrasonik, audiosonik, dan infrasonik. Beberapa hewan berkomunikasi dengan bunyi ultrasonik dan

infrasonik sehingga manusia tidak bisa mendengarnya. Seperti halnya nyamuk pada pembahasan ini, nyamuk dapat merespon suara infrasonik dan ultrasonik yang ada di sekitarnya.

Berkaitan dengan gelombang ultrasonik, diketahui nyamuk dapat menghasilkan frekuensi suara saat mereka terbang bahkan gelombang suara nyamuk juga digunakan untuk menarik perhatian lawan jenis nyamuk. Gelombang ultrasonik pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui respon nyamuk terhadap gelombang bunyi yaitu gelombang ultrasonik. Hasil *output* alat pembangkit gelombang ultrasonik yaitu berupa suara dengan frekuensi tertentu untuk karakterisasi perilaku akustik nyamuk *Aedes aegypti*.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Frekuensi ultrasonik yang dihasilkan dari rangkaian pembangkit gelombang ultrasonik yaitu 20-48 kHz. Bentuk gelombang yang dihasilkan dari pengujian alat yaitu gelombang sinusoidal dengan amplitudo gelombang pada osiloskop 0,11 V. Frekuensi ultrasonik yang berpengaruh maksimum dalam karakterisasi perilaku akustik nyamuk yaitu pada nyamuk *Aedes aegypti* jantan sebesar 34 kHz dan nyamuk *Aedes aegypti* betina sebesar 43 kHz dengan waktu pemancaran 15 menit. Persentase jumlah nyamuk yang terpengaruh paparan gelombang ultrasonik yaitu pada frekuensi 34 kHz terhitung 99% nyamuk jantan dan pada frekuensi 43 kHz terhitung 91% nyamuk betina. Pengaruh waktu pemaparan gelombang ultrasonik pada nyamuk jantan menunjukkan hasil pada 50 menit jumlah nyamuk seluruhnya berpindah posisi menjauhi sumber gelombang. Dan pada nyamuk betina frekuensi ultrasonik berpengaruh maksimum saat 60 menit dengan perpindahan nyamuk keseluruhan menjauhi sumber.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan pengujian pada jenis nyamuk yang berbeda atau serangga lain sebagai sampel. Serta dikembangkan lebih lanjut penelitian ini untuk memecahkan masalah penanggulangan penyebaran nyamuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-qur'an Terjemahan. 2008. *Departemen Agama RI*. Bandung: Diponegoro.
- Abdullah. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Bogor: Pustaka Imam Asy-syafi'i.
- Affandi. 2001. *Cegah Demam Berdarah dan Chikungunya*. [17 januari 2017]. <http://www.pikiranrakyat.com/cetak/0303/23/1001.htm>
- Agustina E. 2006. *Studi Preferensi Tempat Bertelur dan Perkembangbiakan Jentik Nyamuk Aedes aegypti pada Air Terpolusi*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Agee HR. 1969. *Response of Bollworm Moths to Pulsed Ultrasound while Resting, Feeding, Courting, Mating, and Ovipositing*. *Annals of the Entomological Society of America*.
- Agus Wigiardi, dkk. 2013. *Robotack-O-Mos: Robot Attack Mosquitos, Inovasi Alat Pengusir Nyamuk Portable Berbasis Ultrasonic Wave dan Auto-Rotate Device*. Hlm 4.
- Al-Mahalli, I.J. 2008. *Terjemahan Tafsir Jalalain Berikut Asbabun Nuzul*. Jilid 1. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Barmawi, Malvino. 1985. *Prinsip-Prinsip Elektronika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Bueche R. J. 1986. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers*. New York: Mc Graw-Hill.
- Cahyati WH dan Suharyo. 2006. *Dinamika Aedes aegypti sebagai Vektor Penyakit*. Kesehatan Masyarakat.
- Cameron John R. dan Skofronick James G. 1978. *Medical Physics*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Chattopadhyay, D. 1984. *Dasar Elektronika*. Jakarta: UI press.
- Cheng TC. 1974. *General Parasitology*. New York & London: Academic Press.
- Christophers Sir SR. 1960. *Aedes aegypti (L) The Yellow Fever Mosquito*. Cambridge: Cambridge University.
- Clements AN. 1963. *The Physiology of Mosquitoes*. London: Pergamon Press.

- Cutnell, John D. and Johnson, Kenneth W. 1998. *Physics*. New York: Wiley.
- Eka Susanti. 2014. *Bahan Ajar Praktek Perancangan Telekomunikasi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Goeberman, G. I. 1988. *Ultrasonics Theory and Application*. The English University Press Ltd: London.
- Foster W.A. dan Walker E. D. 2002. *Medical and Veterinary Entomology*. Edited by Gary Mullen dan Lance Durden. London: Academic Press.
- Göpfert M. C. dan Robert D. 2000. *Nanometre-range acoustic sensitivity in male and female mosquitoes*. Proc R Soc Lond B 267, hlm. 453-457.
- Gonzalez R.C, et al. 1987. *Robotics*. Singapore: McGraw Hill Book Company.
- Hadi UK, Koesharto FX. 2006. *Nyamuk. Dalam: Hama Pemukiman Indonesia Pengenalan, Biologi, dan Pengendalian*. Unit Kajian Pengendalian Hama Permukiman (UKPHP) FKH - IPB. Bogor. hlm 23-51.
- Hadi UK, Soviana S. 2010. *Ektoparasit Pengenalan, Diagnosa, dan Pengendaliannya*. Bogor: IPB Press.
- Hairani, Budi. 2015. *Keberadaan Telur dan Larva Cacing Tambang pada Tanah di Lingkungan Desa Sepunggur dan Desa Gunung Tinggi Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan*. Jurnal Vektor Penyakit. Vol.9 No.1, hal 15-20
- Irving, Gottlieb. 1997. *Practical Oscillator Handbook 1st Edition*. Oxford: Reed Educational and Profesional Publishing Ltd.
- Kahn MC dan Offenhauser W. 1949. *The first field tests of recorded mosquito sounds used for mosquito destruction*. American Journal of Tropical Medicine. Vol. 29 hlm. 811–25.
- Kettle TJ. 1984. *The Growth of Aedes Aegypti (Diptera: Culicidae), with Special References to the Growth Anal Papillae in Varying Salinities*. Ann. Trop. Med. Parasitol. Vol.42 hlm. 5-29.
- M. Vyas Jatin. 2013. *MedlinePlus*. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/001374.html>. 24 Agustus 2017.
- Mang'are P. A, et al. 2012. *The Startling Effect of the Sound of Culex Afra and Anopheles Tormotus on the Female: Anopheles Gambiae*. International Journal of Biophysics 2. vol. 3 pg 40-52.

- Mansyur, dkk. 2006. *Pengukuran Cepat Rambat Gelombang Ultrasonik dengan Metode Beda Fase*. Jurnal LPPM UWK. Surabaya.
- McIver, S. B. 1985. *Mechanoreception in Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Oxford: Pergamon Press .Vol. 6 hlmn.71-132.
- Mervin T. Hutabarat. 2013. *Praktikum Elektronika 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Offenhauser W. H. dan Kahn M. C. 1949. *The Sounds of Disease-Carrying Mosquitoes*. *Journal of the Acoustical Society of America* . Vol. 21 hlm. 259-63.
- Percy, DM et al. 2006. *Communication: Acoustic Diversity, Mate Recognition and Phylogenetic Signal*. New York: Invertebrate Systematics. Vol:20. Hal:431-45
- Resnick R. dan Halliday D. 1992. *Fisika*. Penerjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta: Penerbit Erlangga, hlm 656-693.
- Rozendaal J. A. 1997. *Vector Control. Methods for Use by Individual and Communities*. Geneva: World Health Organization.
- Rueda LM. Zootaxa. 2004. *Pictorial Keys for the Identification of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) Associated with Dengue Virus Transmission*. Auckland: Mongolia Press.
- Service MW. 1986. *Medical Entomology for Students*. London: Chapman & Hall.
- Silva I. G. 2003. *Ovipositional Behavior of Aedes aegypti (Diptera, Culicidae) in Different Strata and Biological Cycle*. Acta Biol Par.
- Silver J. B. 2007. *Sound traps and other miscellaneous attraction traps*. In: *Mosquito Ecology: Field Sampling Methods*. New York: Springer Netherlands.
- Simanjuntak, Maratur Gabe. 2012. *Perancangan Prototipe Smart Building Berbasis Arduino Uno*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Soedarmo S. 1988. *Demam Berdarah (dengue) pada Anak*. Universitas Indonesia (UI -Press). Jakarta.
- Soegijanto S. 2006. *Demam Berdarah Dengue edisi kedua*. Surabaya: Airlangga University Press.

Soulsby E. J. L. 1982. *Helminths, Arthropods and Protozoa of Domesticated Animals*. London: Bailliere Tindal.

Sutrisno. 1985. *Elektronika Teori Dasar dan Penerapannya Jilid 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Wiantari, Sugiani. 1993. *Pemanfaatan Gelombang Ultrasonik untuk Membunuh Larva Aedes Aegypti*. Skripsi. FMIPA Universitas Airlangga: Surabaya.

World Health Organization. 2005. *Pencegahan dan Pengendalian Dengue dan Demam Berdarah Dengue Panduan Lengkap*. Cetakan I. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.



The logo is a shield-shaped emblem with a light green background and a white border. It features the text "UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM" in a circular arrangement at the top and "PUSAT PERPUSTAKAAN" at the bottom. In the center, there is a yellow calligraphic design. The word "LAMPIRAN" is superimposed over the logo in a large, bold, black serif font.

LAMPIRAN

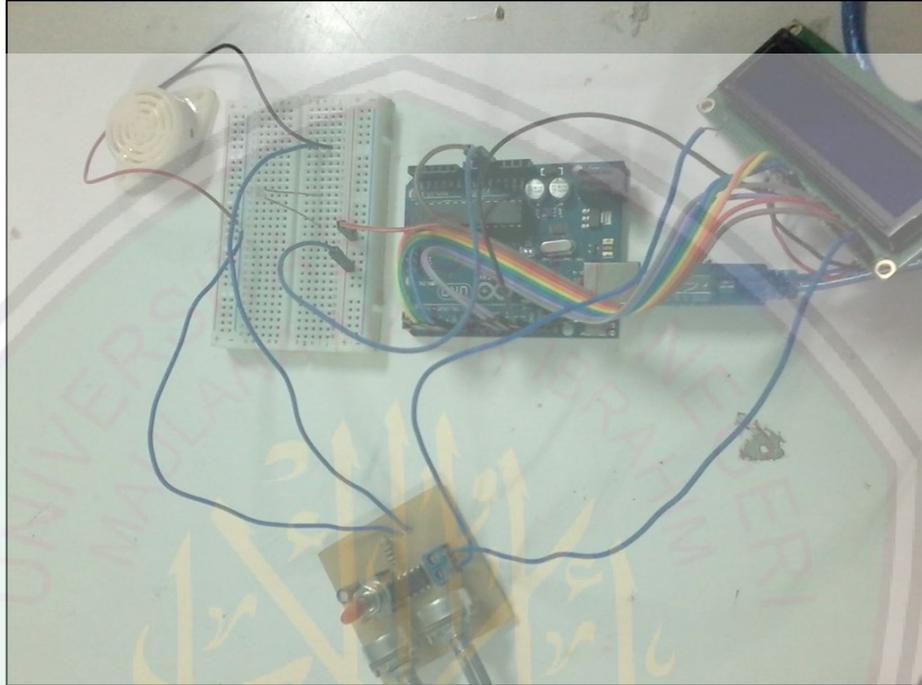
LAMPIRAN 1

Script Arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
int Htime; //integer for storing high time
int Ltime; //integer for storing low time
float Ttime; // integer for storing total time of a cycle
float frequency; //storing frequency
void setup()
{
  pinMode(8,INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
}
void loop()
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Frequency of signal");
  Htime=pulseIn(8,HIGH); //read high time
  Ltime=pulseIn(8,LOW); //read low time
  Ttime = Htime+Ltime;
  frequency=1000000/Ttime; //getting frequency with Ttime is
  in Micro seconds
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(frequency);
  lcd.print(" Hz");
  Serial.print("Frequency of signal: ");
  Serial.print(frequency);
  Serial.println(" Hz");
  delay(500);
}
```

LAMPIRAN 2

Gambar Penelitian



Gambar 1. Rangkaian osilator frekuensi ultrasonik



Gambar 2. Kandang pengujian



Gambar 3. Kandang perawatan nyamuk *Aedes aegypti* sebelum dan sesudah dilapisi kertas koran untuk menjaganya dari cahaya dan kelembaban dalam kandangnya



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : CITRA OKTAVIDIANA SAKTI
NIM : 13640057
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Rancang Bangun Pembangkit Frekuensi Ultrasonik untuk Karakterisasi Perilaku Akustik pada Nyamuk *Aedes aegypti* Jantan dan Betina
Pembimbing I : Dr. Imam Tazi, M.Si
Pembimbing II : Erika Rani, M.Si

No	Tanggal	Materi	Tanda Tangan Pembimbing
1	04 Juli 2017	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	11 Oktober 2017	Konsultasi kajian Al-Qur'an, Bab I-II	
3	18 Oktober 2017	Konsultasi kajian Al-Qur'an, Bab I-II	
4	15 Februari 2018	Konsultasi Bab IV	
5	07 Maret 2018	Konsultasi Bab IV dan Kajian Agama	
6	08 Maret 2018	Konsultasi Bab IV dan V	
7	20 Maret 2018	Konsultasi Bab I-V dan Abstrak	
8	21 Maret 2018	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
9	10 Mei 2018	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 06 Juli 2018
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003