

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUSIR HAMA BURUNG DENGAN
MENGUNAKAN METODE AKUSTIK DI KAWASAN PETERNAKAN
LEBAH MADU PT SUHITA LEBAH INDONESIA**

Skripsi

Oleh

Siti Aisyah



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT PENGUSIR HAMA BURUNG DENGAN MENGUNAKAN METODE AKUSTIK DI KAWASAN PETERNAKAN LEBAH MADU PT SUHITA LEBAH INDONESIA

Oleh

Siti Aisyah

Rancang bangun alat pengusir hama burung telah direalisasikan menggunakan metode fisika akustik di kawasan peternakan lebah madu PT Suhita Lebah Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan membangkitkan gelombang sinyal frekuensi menggunakan generator sinyal XR2206 yang menyediakan beberapa *range* frekuensi mulai dari 0,01 Hz – 1 MHz dan dipancarkan menggunakan speaker atau penguat suara dengan jenis Horn TOA ZH-615S. Rancang bangun alat pengusir hama burung ini diimplementasikan pada kebun lebah madu milik PT. Suhita Lebah Madu Indonesia. Lebah madu yang dibudidayakan yaitu lebah jenis Apis dan Trigona, hama burung pada lebah madu di kebun suhita yaitu burung walet sriti. Pengujian dilakukan dengan menggunakan rentang frekuensi 3 kHz-65 kHz, suara yang dikeluarkan berbunyi nyaring dan melengking. Hasil pengujian alat diperoleh frekuensi efektif yang dapat mengusir (mengganggu) burung yaitu 3 kHz-4 kHz. Intensitas suara alat pengusir hama burung yaitu antara 106 dB-120 dB. Pada jarak 15 meter bunyi masih terdengar dengan 85.9 dB-89.4 dB.

Kata kunci: Hama burung, generator sinyal XR2206, speaker.

ABSTRACT

DESIGN OF BUILD BIRD PEST REMOVAL DEVICE USING ACOUSTIC METHOD IN PT. SUHITA LEBAH INDONESIA'S HONEY BEE FARMING AREA

By

Siti Aisyah

The design of an instrument of a bird pest repellent device has been realized using acoustic physics method in the honey bee farming area of PT Suhita Lebah Indonesia. This research was carried out by generating frequency signal waves using the XR2206 signal generator which provides several frequency ranges starting from 0,01 Hz – 1 MHz and is emitted using a speaker or loudspeaker with the TOA ZH-615S Horn type. The design of this bird pest repellent tool was implemented in the honey bee garden own by PT. Suhita Lebah Indonesia. The honey bees that are cultivated are the Apis and Trigona types, the bird pests on honey bees in the Suhita garden are the sriti swallow. Testing was carried out using a frequency range of 3 kHz- 65 kHz, the sound emitted was loud and shrill. The results of testing the toll showed that the effective frequency that can repel (disturb) birds is 3 kHz-4 kHz. The sound intensity of bird pest repellent devices is between 106 dB- 120 dB. At a distance of 15 meters the sound can still be heard at 85,9 dB- 89,4 dB.

Keyword: Bird pests, XR2206 signal generator, speaker.

**RANCANG BANGUN ALAT PENGUSIR HAMA BURUNG DENGAN
MENGUNAKAN METODE AKUSTIK DI KAWASAN PETERNAKAN
LEBAH MADU PT SUHITA LEBAH INDONESIA**

Oleh

Siti Aisyah

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : "Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Burung
Dengan Menggunakan Metode Akustik Di
Kawasan Peternakan Lebah Madu PT Suhita
Lebah Indonesia"

Nama Mahasiswa : Siti Aisyah

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041046

Jurusan : Fisika

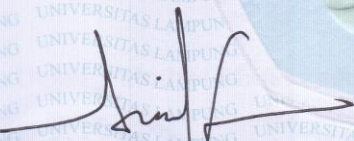
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**

Pembimbing I

Pembimbing II



Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP.197109092000121001



Dr. Jani Master, M. Si.
NIP. 198301312008121001

2. **Ketua Jurusan Fisika**

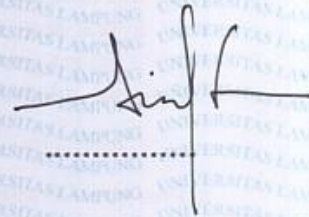


Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

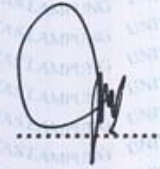
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

Ketua : **Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**



Sekretaris : **Dr. Jani Master, M.Si**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Desember 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Desember 2023



NPM.1917041046

RIWAYAT HIDUP



Siti Aisyah lahir di Bandar Lampung pada tanggal 25 September 2001. Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Jamjuri dan Ibu Suryati Hasugian. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK al-Iqro' Pandan pada tahun 2007, SDN 085119 Sibolga pada tahun 2013, SMPN 3 Sibolga pada tahun 2016, dan SMAN 1 Sibolga pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN tahun 2019.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif tergabung Unila Robotika dan Otomasi tahun 2019, Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota Sosial dan Masyarakat tahun 2020, Staf Ahli Dinas Sosial Dan Pengabdian Masyarakat Badan Eksekutif Masyarakat (BEM) FMIPA Unila tahun 2021. Penulis juga sebagai asisten praktikum mata kuliah Pemrograman Dasar pada tahun 2022, Fisika Dasar pada tahun 2022, dan Sistem Akuisisi Data pada tahun 2023.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung, dengan judul “Pengukuran Uji Biochemical Oxygen Demand (BOD) Di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung”. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat penuh penulis ikuti dalam program Kuliah Kerja Nyata Universitas Lampung tahun 2022 di Pekon Talang Sepuh, Kecamatan Talang Padang, Kabupaten Tanggamus. Penulis melaksanakan penelitian untuk menyusun skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Metode Akustik Di Kawasan Peternakan Lebah Madu PT Suhita Lebah**

Indonesia” dibawah bimbingan Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng dan Bapak Dr. Jani Master, M.Si.

MOTTO

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu.”

– Ali bin Abi Thalib

"Seungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri." - QS Ar Rad 11

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini kepada :

Bapak Jamjuri dan Ibu Suryati Hasugian

Kedua orang tuaku yang telah melahirkan, membesarkan, dan mendidikku, serta menjadi penyemangatku dalam menjalani hidup selama ini

Rohimah, Elvira Janneti, dan Ashifa

Adik-adikku tersayang yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga membuat aku mampu menyelesaikan pendidikan S1

Bapak/Ibu Dosen FISIKA FMIPA UNILA

Terima kasih telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, nasihat, dan saran yang membangun kepadaku

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Metode Akustik Di Kawasan Peternakan Lebah Madu PT Suhita Lebah Indonesia**”. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 22 Desember 2023

Penulis

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Burung Dengan Menggunakan Metode Akustik Di Kawasan Peternakan Lebah Madu PT Suhita Lebah Indonesia”. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan ilmu dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi.
2. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan ilmu, motivasi serta arahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Ibu Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.

6. Seluruh Dosen Jurusan Fisika FMPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung.
7. Para Tenaga Kependidikan Jurusan Fisika yang telah membantu memenuhi kebutuhan administrasi penulis.
8. Orang tua Bapak Jamjuri dan Ibu Suryati Hasugian yang senantiasa memberikan doa, semangat, motivasi, pengorbanan, nasihat serta kasih sayang kepada penulis.
9. Adik-adik Rohimah, Elvira Janneti, dan Ashifa yang selalu memberikan semangat dan dorongan kepada penulis.
10. Bapak Kasman, S.ST yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
11. PT Suhita Lebah Indonesia yang telah menjadi tempat penulis melakukan penelitian.
12. Teman-teman seperjuangan, Tresna Ananda, Ahmad Junaidi, Yuliyana, dan Mar Atun Nabilah Chaniago yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
13. Teman-teman fisika angkatan 2019 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi penulis.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dengan yang lebih baik, mempermudah segala urusannya dan menjadi pemberat amal di akhirat nanti.

Bandar Lampung, 22 Desember 2023

Penulis,

Siti Aisyah

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6
2.2 Hama Burung	7
2.2.1 Burung Kirik-kirik (<i>Merops sp.</i>)	8
2.2.2 Burung Walet Linchi	10
2.3 Lebah Madu	11
2.4 Bunyi	13
2.4.1 Gelombang Bunyi	14

2.4.2 Frekuensi Bunyi	15
2.4.3 Intensitas Bunyi (<i>Sound Intensity</i>)	16
2.4.4 Tingkat Tekanan Bunyi	18
2.4.5 Kebisingan.....	19
2.5 Generator Sinyal XR2206	20
2.6 <i>Speaker</i>	24
2.7 <i>Audio Ampflier</i> (Penguat Audio).....	25
2.8 Panel Surya	26
2.9 <i>Solar Charge Controller</i> (SSC)	32
2.10 Baterai (Aki).....	33

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	35
3.3 Tahapan Penelitian	36
3.3.1 Studi Literatur	37
3.3.2 Perancangan Alat	38
3.3.3 Pembuatan Alat	39
3.3.4 Pengujian Alat	41
3.3.5 Pengamatan Terhadap Perilaku Burung	42
3.3.6 Analisis Hubungan Tingkat Kebisingan Alat Terhadap Jarak	44

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan Alat.....	48
4.2 Hasil Pengujian Alat	51
4.3 Hubungan Kebisingan Alat Terhadap Alat	59

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	60
5.2 Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Burung Kirik-kirik laut	9
2.2 Burung Kirik-kirik biru	9
2.3 Burung Walet	10
2.4 Anatomi Lebah Madu	12
2.5 Nilai Ambang Pendengaran	15
2.6 Ruang Bola yang Terpapar Bunyi Dengan Sumber Bunyi	17
2.7 IC XR2206	21
2.8 Blok Diagram XR2206	22
2.9 <i>Basic Test Circuit</i> pada XR2206.....	23
2.10 <i>Speaker</i> Horn TOA ZH-615S.....	24
2.11 Modul Amplifier 2 channel TDA 7377 stereo	26
2.12 Sel Surya Sederhana.....	27
2.13 Bagan Sel Surya	28
2.14 Sel Surya Tipe Monokristal	29
2.15 Sel Surya Tipe Polykristal.....	30
2.16 Sel Surya <i>Thin Film Photovoltaik</i>	30
2.17 <i>Solaer Charge Controller</i>	33
3.1 Diagram Alir Penelitian	37
3.2 Diagram Blok Perancangan Sistem.....	38
3.3 Perancangan Sistem	39
3.4 Desain Alat	40
3.5 Grafik Hubungan Antara Kebisingan Suara yang Dikeluarkan Alat Terhadap Jarak Dari Alat.....	44
4.1 Denah Lokasi Tempat Penelitian	46

4.2 Kebun Lebah Trigona dan Apis	47
4.3 Bagian Depan Alat	48
4.4 Bagian Belakang Alat	49
4.5 Generator Sinyal XR2206	50
4.6 Titik Letak Alat Uji.....	51
4.7 Grafik Hubungan Antara Kebisingan Suara Alat Terhadap Jarak Dari Alat Pada 3KHz.....	57
4.8 Grafik Hubungan Antara Kebisingan Suara Alat Terhadap Jarak Dari Alat Pada 4KHz	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Keterangan Pin XR2206	21
2.2 Data Spesifikasi <i>Speaker</i> Horn TOA ZH-615S	24
2.3 Data Spesifikasi Panel Surya <i>polycrystalline</i>	32
3.1 Frekuensi pada XR2206.....	41
3.2 Frekuensi yang Dapat Mengusir Burung Pada Hari Pertama	42
3.3 Frekuensi yang Dapat Mengusir Burung Pada Hari Kedua	42
3.4 Frekuensi yang Dapat Mengusir Burung Pada Hari Ketiga.....	42
3.5 Data Tingkat Kebisingan Alat Terhadap Jarak	43
4.1 Hasil Pengujian Rentang Frekuensi pada XR2206.....	52
4.2 Hasil Frekuensi yang Dapat Mengusir Burung Pada Hari Pertama.....	53
4.3 Hasil Frekuensi yang Dapat Mengusir Burung Pada Hari Kedua.....	54
4.4 Hasil Frekuensi yang Dapat Mengusir Burung Pada Hari Ketiga	55
4.5 Tingkat Kebisingan Alat Terhadap Jarak Pada 3KHz	56
4.6 Tingkat Kebisingan Alat Terhadap Jarak Pada 4KHz	58

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Serangga yang dikenal sebagai lebah madu menjadi salah satu kekayaan sumber daya alami Indonesia. Keberadaan lebah madu terhadap ekosistem memiliki peran bagi kelangsungan hidup tumbuhan pada proses penyerbukan yang dilakukan oleh lebah. Salah satu bentuk untuk meningkatkan produktivitas koloni lebah madu dengan cara budidaya lebah madu. Sejak tahun 1841, lebah madu telah dibudidayakan di Indonesia oleh orang Belanda Rijkeuns, yang memperkenalkan *Apis mellifera* dari Australia pada tahun 1971. Di Indonesia, peternakan lebah dan produksi madu sangat bergantung pada budidaya *A. mellifera*. Menurut Widiarti & Kuntadi, 2012 yang mengutip informasi dari Direktorat Jenderal RLPS, *A. mellifera* menyumbang sekitar 25% dari keseluruhan produksi madu Indonesia, atau rata-rata 4.000 ton per tahun.

Budidaya lebah madu banyak dilakukan di Pulau Jawa dan ada juga di Pulau Sumatera. PT Suhita Lebah Indonesia, sebuah perusahaan yang didedikasikan untuk perlebahan, menggunakan lebah bersengat dan tanpa sengat serta pembuatan produk turunan lebah madu menggunakan penelitian dan teknologi terbaru. PT Suhita Lebah Indonesia mulai meneliti perlebahan pada tahun 2016 karena keinginan untuk mengkonsumsi madu murni, namun merasa ragu dengan kualitas madu yang tersedia di pasaran. Kemudian memilih untuk beternak lebah madu secara mandiri untuk konsumsi pribadi. PT Suhita Lebah Indonesia menjadi salah satu budidaya lebah madu yang berfokus pada jenis lebah Trigona dan lebah Apis terletak di Pulau Sumatera tepatnya kota Bandar Lampung. Jenis lebah Apis yang dibudidayakan PT Suhita Lebah Indonesia

yaitu lebah *A. melifera* dan *Apis cerana*. PT Suhita Lebah Indonesia menyediakan wadah untuk edukasi mengenai lebah di Lembah Suhita Batu Putu Bandar Lampung. Permasalahan yang dihadapi PT Suhita Lebah Indonesia ketika membudidayakan lebah madu yaitu kedatangan burung migrasi pemakan serangga yang berkoloni. Burung migrasi yang melintasi tempat tinggal lebah madu tidak hanya sekedar lewat, tetapi juga memakan lebah pekerja yang sedang beraktivitas. Menurut Isnina, pemilik PT Suhita Lebah Indonesia, burung migrasi yang melintasi tempat lebah madu *A. melifera* yaitu burung kirik-kirik warna warni (*Merops sp.*) sedangkan burung yang menjadi hama lebah jenis trigona yaitu burung walet linchi.

Berdasarkan survei anggota tim Restorasi Ekosistem Riau (Goenarto, 2016) burung kirik-kirik laut, satu dari tiga spesies burung pemakan lebah yang ditemukan di Riau. Juga merupakan satu dari 26 spesies burung pemakan lebah di dunia. Jenis burung ini juga memakan serangga lain, seperti capung. Burung kirik-kirik laut sering beristirahat di dahan pohon yang menjulur ke luar sehingga bisa melihat dan menangkap serangga yang lewat. Burung ini akan membanting serangga ke permukaan yang keras hingga sengatnya terlepas atau patah saat memakan serangga penyengat, seperti lebah. Karena sifatnya yang gemar bersosialisasi dan berkelompok, burung kirik-kirik membuat terowongan sarang bersama-sama di sepanjang tepi sungai atau di dekat daerah datar dan terbuka (Yuan *et al.*, 2006).

Menurut peneliti burung dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Nurjito, burung walet yakni burung liar yang mencari makan sendiri. Makanannya berupa serangga serangga kecil yang ada di daerah pesawahan, tanah terbuka, hutan dan pantai atau perairan. Menurut Lina Elvita (2014) Walet (*Collocalia*) merupakan burung pemakan serangga yang bermigrasi dari Samudra Hindia melalui Asia Tenggara dan Australia Utara hingga ke Samudra Pasifik. Sebagai burung pemakan serangga, burung walet berpotensi besar sebagai hama bagi peternakan lebah madu.

Pengendalian yang telah dilakukan PT Suhita Lebah Madu untuk mengatasi permasalahan burung kirik-kirik dimulai dari memasang jaring, menggunakan

rekaman suara elang palsu bukan mendatangkan elang asli, dan meledakkan petasan. Dari sekian banyak cara yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan burung kirik-kirik tidak ada yang berhasil. Kelima usaha pengendalian yang dilakukan PT Suhita Lebah Indonesia sempat berhasil diawal penggunaan tetapi akhirnya tetap tidak efektif. Hal tersebut sangat berdampak terhadap jumlah madu yang dihasilkan. Madu yang dihasilkan menjadi lebih sedikit karena lebah pekerja sudah dimangsa oleh burung kirik-kirik. Maka pengendalian terakhir yang dilakukan oleh PT Suhita Lebah Indonesia adalah memindahkan lebah madu *A. melifera* ke tempat lain. Setelah dipindahkan, hama burung tetap menjadi permasalahan besar. Jenis burung yang menjadi hama setelah dipindahkan ke tempat yang lain yaitu burung walet linchi.

Budidaya lebah madu merupakan salah satu budidaya yang ramah lingkungan, oleh sebab itu pengendalian hama juga dilakukan dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan. Budidaya lebah madu memiliki pengaruh penting terhadap lingkungan sekitarnya. Keuntungan tidak langsung dari budidaya lebah madu berkaitan dengan perlindungan sumber daya hutan dan peningkatan produktivitas tanaman karena simbiosis antara tanaman dan lebah madu yang membantu penyerbukan bunga tanaman saat mereka mencari makan.

Perkembangan teknologi instrumentasi pada saat ini sudah berkembang sangat pesat. Kemajuan teknologi di bidang elektronika mampu memecahkan masalah yang lebih kompleks dengan presisi, kecepatan, dan akurasi yang ekstrem. Penelitian yang dilakukan oleh Akil (2003) mengenai pengendalian gangguan burung di bandar udara di Indonesia menggunakan metode akustik dengan memperkirakan frekuensi sensitif pendengaran burung yang dipancarkan menggunakan speaker atau penguat suara. Frekuensi yang diperlukan untuk mengusir burung berbeda di setiap bandar udara karena harus sesuai dengan jenis burung serta habitatnya. Berdasarkan beberapa pengendalian yang telah dilakukan PT Suhita Lebah Indonesia dalam mengusir burung

pemakan lebah dengan hasil yang tidak efektif dan efisien, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut rancang bangun alat pengusir burung.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat alat pengusir burung menggunakan metode fisika akustik dengan merencanakan frekuensi dan bentuk sinyalnya. Alat ini memanfaatkan gelombang suara dengan bentuk sinyal tertentu. Bentuk keluaran dari alat ini berupa suara dari *speaker* jenis *Horn* TOA ZH-615S. Keunggulan dari alat pengusir burung pemakan lebah madu yaitu dapat membantu para peternak lebah dalam mengusir hama burung dengan cara mudah dan efektif, tahan terhadap cuaca, serta mudah digunakan. Alat dibuat dengan memanfaatkan energi surya.

1.2 Rumusan Permasalahan

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang bangun alat pengusir hama burung pemakan lebah madu menggunakan metode akustik?
2. Bagaimana menentukan frekuensi yang efektif untuk mengusir burung pemakan lebah madu?
3. Bagaimana menentukan intensitas suara yang digunakan alat pengusir hama burung pemakan lebah lebah madu?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini meliputi:

1. Merancang bangun alat pengusir hama burung pemakan lebah madu menggunakan metode akustik.
2. Menentukan frekuensi yang efektif untuk mengusir hama burung pemakan lebah madu.
3. Menentukan intensitas suara alat pengusir hama burung pemakan lebah madu.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dan pengamatan dengan batasan masalah:

1. Burung yang diuji yaitu burung walet linchi yang menjadi hama lebah di PT Suhita Lebah Indonesia.
2. Alat menggunakan metode akustik untuk mengusir burung dengan memanfaatkan *speaker* jenis Horn TOA ZH-615S.
3. Alat pengusir burung ini hanya untuk mengeluarkan suara yang dapat mengganggu pendengaran burung, bukan untuk mendeteksi keberadaan burung.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Diperolehnya alat alternatif.
4. Menjadi alat yang dapat membantu permasalahan hama pada budidaya lebah madu di Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait mengenai alat pengusir hama burung telah banyak dilakukan dengan kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh masing-masing penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Kusni *et al* (2010) mengenai pembuatan dan pengujian alat pengusir burung dengan metode akustik di Bandar Udara Juanda Surabaya untuk mengurangi adanya *Birdstrike* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin pesawat. Terdapat beberapa pengujian mode suara yang dilakukan pada penelitian ini yaitu suara FM dimulai pada frekuensi 2000 Hz, suara *sweep* logaritmik pada range frekuensi 6 kHz-8 kHz dan 5 kHz-9 kHz dengan bentuk gelombang *sawtooth wave* dan *square wave*, kombinasi suara burung (suara burung elang dan tanda bahaya burung camar) dan efek suara petasan. Berdasarkan pengujian mode suara yang paling efektif membuat burung tidak nyaman yaitu suara FM dan suara *sweep*. Penelitian ini keluaran suaranya menggunakan *speaker* jenis *Horn TOA* dan *speaker* jenis *Tweeter Piezoelectric*. Untuk *speaker* jenis *Horn TOA* diperoleh tingkat tekanan suara sebesar 80,6 dB pada jarak 256 meter, sedangkan *speaker* jenis *Tweeter Piezoelectric* diperoleh tingkat tekanan suara sebesar 76,4 dB pada jarak 256 meter.

Penelitian yang juga memanfaatkan metode fisika akustik yaitu penelitian mengenai rancang bangun sistem pengusir hama burung pada tanaman padi oleh Prasetyo (2017), akustik yang digunakan yaitu sinyal *sweep* yang direkam dengan software *YMEC/Adobe Audition* dan disimpan dalam media penyimpanan dan keluarannya dari *loudspeaker TOA*. Sinyal suara yang mampu mengusik hama burung berada pada frekuensi 500 Hz dan 1000 Hz dengan intensitas bunyi diatas 80 dB.

Penelitian yang dilakukan oleh Palupi & Basuki (2019) mengenai penentuan frekuensi dan tingkat tekanan bunyi efektif untuk mengusir burung di kawasan bandara Ahmad Yani Semarang menggunakan teknik *auditory* metode akustik memanfaatkan pendengaran burung. Untuk mengendalikan gangguan burung di Bandar udara internasional Ahmad Yani Semarang dilakukan survey dan pengukuran lapangan mengenai jenis-jenis burung, frekuensi dan tekanan bunyi yang dikeluarkan oleh burung serta pesawat yang lepas landas. Dalam penentuan frekuensi burung menggunakan signal generator yang diatur *automatic frequency sweeping* secara berulang dari frekuensi 800 Hz sampai dengan frekuensi 5 kHz. Pada tingkat tekanan bunyi 85 dB pada jarak 1 meter di depan speaker dapat diamati bahwa burung-burung merespon dengan terbang menjauhi sumber bunyi dan sebagian besar tidak kembali ke sumber bunyi.

Penelitian yang dilakukan oleh Harsa & Azmir (2022) mengenai alat mengusir hama burung tanaman padi dengan memanfaatkan gelombang audiosonik. Untuk membangkitkan frekuensi audiosonik menggunakan IC NE555. Pengujian dilakukan dengan rentang frekuensi 4kHz hingga 10kHz ketika burung sedang makan untuk melihat apakah burung terganggu atau tidak. Patokan terganggunya burung yaitu ketika burung sedang makan dan alat dihidupkan kemudian burung berhenti makan. Dari hasil pengujian diketahui bahwa burung mulai merasakan adanya gangguan pada frekuensi 4,87 kHz hingga 9,79 kHz.

1.2 Hama Burung

Hama burung merupakan salah satu jenis hama yang menyebabkan kegagalan panen tertinggi pada madu. Pada peternakan lebah madu jenis *A. mellifera*, madu yang dihasilkan semakin berkurang disebabkan oleh burung pemakan serangga yang aktif memangsa lebah pekerja yang sedang melakukan pekerjaannya. Jenis burung yang memangsa lebah madu adalah burung kirik-kirik dan burung walet linchi.

2.2.1 Burung Kirik-kirik (*Merops Sp.*)

Burung kirik-kirik adalah burung yang memiliki warna cerah yang dapat ditemui pada habitat terbuka ataupun di hutan. Burung kirik-kirik biasanya hinggap di ranting untuk dapat mengintai dan menyambar mangsanya. Burung ini biasanya terbang secara berkoloni cukup besar serta termasuk ke dalam burung migrasi. Tempat tinggal burung kirik-kirik berada di dalam lubang yang ada di tebing-tebing (Eaton *et al.*, 2016).

Habitat burung kirik kirik yaitu dekat dengan sumber air terbuka dekat dengan perairan. Burung yang hidup berkoloni ini biasanya tinggal dengan menggali liang terestial di lokasi mulai dari tanah datar hingga gundukan tanah kecil, tebing tanah curam yang terlihat di pembukaan jalan, permukaan tebing yang terkikis dan ngarai sungai. Burung ini mencari makan di ladang pertanian dan padang rumput yang berbatasan dengan pantai yang berpasir. Beberapa spesies burung pemakan serangga ini menjadikan lebah dan capung sebagai makanan utama mereka. Burung kirik-kirik sangat ahli dalam menangkap serangga terbang, mereka memangsa serangga biasanya pada saat pagi dan sore hari. Mereka dituntut untuk bergerak cepat dan gesit karena memangsa serangga yang bergerak cepat seperti lebah dan capung. Penglihatan burung ini juga sangat tajam, sekelompok lebah dapat terlihat oleh burung ini dalam jarak 100 meter. Saat menangkap serangga yang menjadi makanannya, burung kirik-kirik berhati-hati agar tidak sampai melennya sebelum mengingkirkannya bisanya. Untuk menyingkirkan bisanya mereka pelan-pelan menggosokkan perut serangga itu pada cabang pohon tempat mereka bertengger, selain itu mereka juga memejamkan matanya sebentar agak tidak terciprat racun dari serangga yang akan mereka makan (Yuan *et al.*, 2006).

Burung kirik-kirik laut (*Merops philippinus*) mempunyai warna tubuh yaitu hijau dan ekor yang berwarna biru. Tenggorokan berwarna hijau, garis mata seperti topeng yang berwarna hitam. Burung ini hidup berkelompok pada habitat yang terbuka mulai dari mangrove hingga ke daerah urban (Mulyani & Iqbal, 2020). Burung kirik kirik laut ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Burung Kirik-kirik laut (Mulyani & Iqbal, 2020).

Burung kirik-kirik biru (*Merops viridis*) merupakan burung kirik-kirik yang mempunyai warna tubuh yaitu hijau dengan kepala yang berwarna coklat kemerahan. Burung ini hidup di berbagai habitat termasuk hutan primer dan sekunder. Burung kirik-kirik laut ini juga hidup secara berkoloni (Mulyani & Iqbal, 2020) ditunjukkan pada **Gambar 2.2.**



Gambar 2.2. Burung Kirik-kirik biru (Mulyani & Iqbal, 2020).

2.2.2 Burung Walet Linchi

Burung walet merupakan burung pemakan serangga yang senang meluncur. Burung ini berwarna hitam, terbang dengan cepat, memiliki tubuh berukuran sedang hingga kecil, sayap berbentuk bulan sabit yang runcing dan sempit, kaki serta paruh mungil. Burung ini tidak pernah hinggap di pohon dan mempunyai kebiasaan berdiam di gua-gua atau tempat yang lembab, remang-remang sampai gelap dan menggunakan langit-langit untuk menempelkan sarang sebagai tempat beristirahat dan berkembang biak (Andaruisworo, 2015).



Gambar 2.3. Burung Walet (Andaruisworo, 2015)

Burung walet linchi (*Collocalia linchi*) lebih dikenal dengan nama sriti, yaitu termasuk Ordo Apodiformes, Famili Apodidae dan Genus Collocalia. Perbedaan antara spesies burung walet biasanya dilihat dari ukuran tubuh, warna bulu, bahan yang dipakai dan ditambahkan dalam pembuatan sarang (Chantler & Drissens, 1995). Burung walet linchi menjadi terkenal karena sarangnya yang bernilai ekonomi, dapat dikonsumsi, dan dikatatakan baik untuk kesehatan masyarakat karena dapat mengobati gangguan pada pernapasan, meningkatkan energi, sebagai obat awet muda dan kecantikan.

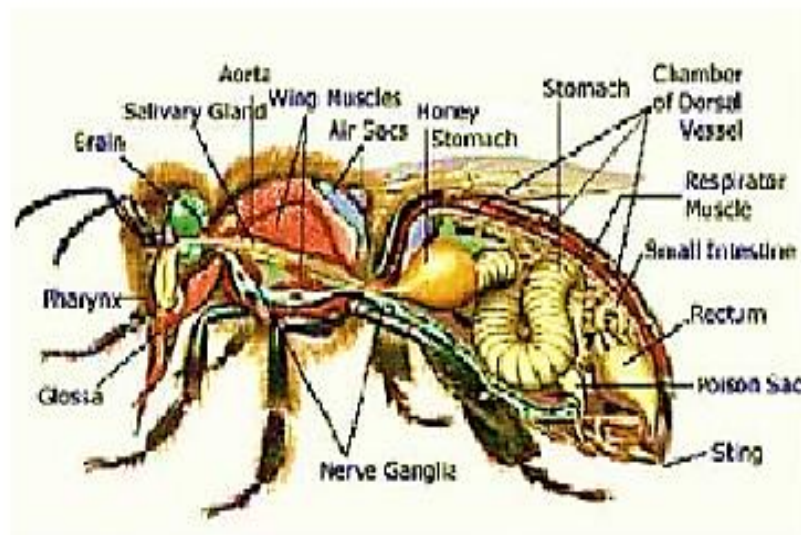
Walet linchi merupakan unggas insektivora atau pemakan serangga. Cara burung ini memakan serangga yaitu sambil terbang dan dengan cepat menelan makanannya. Ketika mencerna serangga yang dimakan, tidak diperlukan lagi fungsi tembolok (tempat penyimpanan cadangan makanan bila lambung berisi penuh) pada walet linchi dikarenakan serangga merupakan materi yang mudah dicerna. Pada burung yang tidak mempunyai tembolok akan menggunakan sebagian besar waktunya untuk terbang dan mencari makan sehingga proses metabolisme cepat dan makanan disimpan dalam bentuk energi seperti lemak dan glikogen (Stevens, 1996).

1.3 Lebah Madu

Lebah madu merupakan serangga yang hidup secara berkoloni atau berkelompok yang biasanya dihuni tiga macam lebah yaitu lebah ratu, lebah pekerja dan lebah jantan. Ratu lebah merupakan lebah petelur yang akan berubah menjadi lebah jantan, lebah pekerja dan kadang kadang calon ratu. Ratu lebah menerima makanan berupa sari madu dari lebah pekerja muda yang masih bertugas di dalam sarang saja (Warisno, 1993). Lebah jantan lebih besar dari lebah pekerja, tetapi lebih kecil dari pada ratu lebah. Lebah jantan tidak memiliki sengat sehingga tidak bisa menyengat. Lebah jantan bertugas sebagai pejantan, menjaga sarang, dan membersihkan sarang dari kotoran-kotoran. Lebah jantan tidak bisa mengumpulkan madu karena perutnya tidak cocok untuk mengumpulkan madu (Warisno, 1996).

Lebah pekerja memiliki bentuk badan paling kecil dibandingkan jantan ataupun ratu lebah. Lebah pekerja bertugas mencari nektar, tepung sari, dan air. Kemampuan terbang lebah pekerja mencapai 2-3 km. Lebah pekerja bekerja pada pagi hari dan mengumpulkan nektar dari bunga sejenis serta dapat memilih beberapa bunga yang paling banyak mengandung nektar. Lebah memiliki hubungan yang menguntungkan dengan tanaman. Tanaman mengeluarkan bunga dan bau yang beraneka ragam dan mengandung nektar serta tepung sari yang dibutuhkan lebah. Lebah pekerja tertarik untuk mendatangi dan mengambil nektar serta tepung sari tersebut sehingga terjadi penyerbukan tanaman yang sempurna (Sihombing, 1997).

Lebah madu memiliki badan yang beruas-ruas dan tiap ruas saling berhubungan. Ruas-ruas ini disebut dengan segmen yang dapat membedakan antara kepala dada, dan perut. Badannya ditumbuhi bulu yaitu rambut. Bulu-bulu halus yang menutupi tubuh lebah berfungsi untuk menangkap serbuk sari yang diperoleh dari bunga. Serbuk sari yang terkumpul disisihkan ke wadah khusus yang ada pada tungkai belakang. Mulutnya berbentuk tabung panjang yang dipakai untuk menghimpun nektar yang disimpan dalam lambung madu (tembolok), yaitu bagian usus yang dapat mengembung (Sarwono, 2001). Anatomi lebah madu ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4. Anatomi Lebah Madu (Sarwono, 2001).

Kepala lebah seperti bentuk segitiga. Penglihatannya yaitu mata tunggal dan mata majemuk. Mata tunggal sebanyak tiga buah, terletak di atas bagian kepala dan dipakai untuk melihat benda-benda yang berada dalam jarak sekitar 1-2 cm. Mata majemuk terletak di kedua sisi kepala dan dipakai untuk melihat benda-benda sampai jarak 140 m. Lebah jantan memiliki mata majemuk yang lebih besar serta memiliki penglihatan yang lebih sempurna dibandingkan dengan mata lebah pekerja dan mata ratu lebah (Sarwono, 2001).

Madu dapat dihasilkan dari beberapa spesies lebah, diantaranya : *Apis mellifera*, *Apis cerana*, dan *Trigona sp.* *A. mellifera* merupakan lebah madu yang mudah dibudidayakan dan ukuran tubuhnya lebih besar dari *A. cerana*. Produksi madunya sangat banyak yaitu dalam setahun dapat mencapai 20-60 kg madu per koloni. Spesies lebah madu ini sangat cocok untuk usaha budidaya lebah madu untuk skala komersial (Lamerkabel, 2011). *A. cerana* memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dari lebah *A. mellifera* dan sifatnya agak ganas. Produksi madunya sekitar 6-12 kg setiap tahun untuk satu koloni lebah. Lebah *A. cerana* hidup liar di rongga-rongga pohon atau di dahan pohon besar yang terlindung dari terik matahari dan hujan (Warisno, 1996). Lebah *trigona* merupakan lebah tanpa sengat yang hidupnya tidak bergantung pada polen bunga seperti jenis lebah madu lainnya. *Trigona* dapat dikembangbiakkan dimana saja dengan syarat terdapat getah dari pohon sekitar. Kemudian dari getah tersebut menghasilkan propolis. Khasiat dari madu *trigona* yaitu menjaga kesehatan dan membantu menjaga daya tahan tubuh (Utari et al., 2021).

2.4 Bunyi

Bunyi merupakan sebuah gelombang longitudinal pada suatu medium. Keberadaan gelombang bunyi berada dalam udara, tetapi bunyi dapat berjalan melalui sebarang gas, cairan, atau benda padat. Jika melalui benda padat diketahui sebagai perambatan bunyi yang ada pada pengeras suara stereo yang terletak pada dinding rumah (Young *et al.*, 2003). Banyak peristiwa yang dapat menghasilkan bunyi, seperti bunyi yang dihasilkan dari pembakaran minyak dalam suatu mesin, bunyi yang dihasilkan dari instrumen musik, bunyi yang dihasilkan oleh gerakan dahan, pohon atau daun, juga bunyi yang dihasilkan dari garputala yang digetarkan. Dari beberapa contoh peristiwa yang dapat menghasilkan bunyi, dapat disimpulkan bahwa bunyi bisa berasal dari alam serta dari perbuatan manusia (Gabriel, 1996).

2.4.1 Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi yang paling sederhana yaitu gelombang sinusoidal yang mempunyai frekuensi, amplitude, dan panjang gelombang tertentu. Manusia memiliki telinga yang peka terhadap gelombang pada jangkauan frekuensi dari 20 sampai dengan 20.000 Hz disebut dengan *audible range* (jangkauan yang dapat didengar). Bunyi untuk gelombang pada frekuensi di atas jangkauan pendengaran manusia disebut dengan ultrasonic, sedangkan frekuensi di bawah jangkauan pendengaran manusia disebut dengan infrasonik. Gelombang bunyi menyebar ke semua arah dari sumber bunyi dengan amplitudo yang bergantung pada arah dan jarak dari sumber bunyi.

Karakteristik fisik gelombang bunyi secara langsung dikaitkan dengan persepsi bunyi oleh seorang pendengar. Pada frekuensi tertentu, jika semakin besar amplitudo tekanan sebuah gelombang bunyi sinusoidal, maka semakin besar pula kenyaringan suara. Hubungan antara amplitude tekanan dan kenyaringan yaitu bervariasi karena manusia memiliki telinga yang kepekaannya tidak sama untuk semua jangkauan yang dapat didengar. Bunyi pada suatu frekuensi dapat lebih nyaring daripada bunyi beramplitudo tekanan sama pada frekuensi yang berbeda. Pendengaran normal yang dapat dirasakan oleh telinga manusia pada 1000 Hz amplitudo tekanan minimum yaitu kira-kira 3×10^{-5} Pa, untuk menghasilkan kenyaringan yang sama pada 200 Hz atau 15.000 Hz diperlukan kira-kira 3×10^{-4} Pa. Kesehatan telinga manusia mempengaruhi kenyaringan yang dirasakan. Hilangnya kepekaan pada ujung frekuensi-tinggi terjadi akibat bertambahnya umur dan diperburuk lagi oleh tingkat kebisingan yang berlebihan.

Frekuensi gelombang bunyi menjadi faktor utama dalam penentuan titik nada (*pitch*) bunyi, yang membuat manusia dapat menggolongkan “tinggi” atau “rendah” nya bunyi. Semakin tinggi frekuensi bunyi (pada jangkauan yang dapat didengar), maka semakin tinggi pula titik nada yang dapat dirasakan oleh pendengar. Amplitudo juga mempunyai peran pada penentuan titik nada, jika dua gelombang bunyi sinusoidal

dengan frekuensi yang sama tetapi amplitudo tekanannya berbeda, maka gelombang bunyi dengan amplitudo yang lebih besar akan terasa lebih nyaring tetapi titik nadanya sedikit lebih rendah (Young *et al.*, 2003).

2.4.2 Frekuensi Bunyi

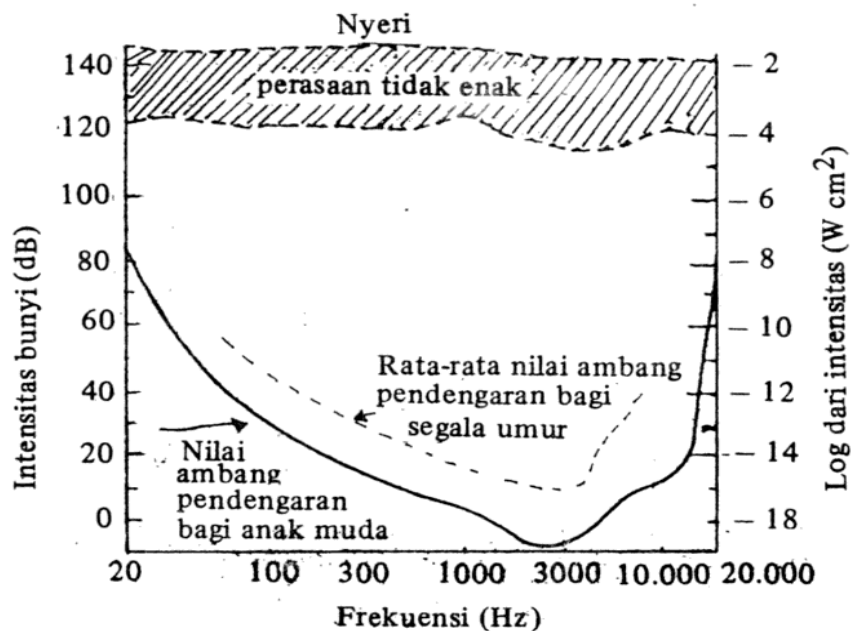
Menurut Gabriel (1996) frekuensi dibedakan menjadi tiga, yaitu.

a. Frekuensi antara 0-16 Hz (*Infrasound*)

Frekuensi 0-16 Hz ditimbulkan akibat adanya getaran tanah, getaran bangunan maupun truk mobil. Vibrasi yang ditimbulkan oleh truk mobil biasanya mempunyai frekuensi sekitar 1-16 Hz. Jika frekuensi lebih kecil dari 16 HZ dapat menimbulkan ketidaknyamanan, kelesuan, atau dapat menimbulkan perubahan pada penglihatan. Apabila vibrasi bunyi dengan frekuensi infra yang mengenai tubuh dapat menyebabkan resonansi dan pada beberapa bagian tubuh merasakan sakit.

b. Frekuensi antara 16-20.000 Hz (frekuensi pendengaran)

Kepekaan telinga terhadap frekuensi bunyi berada diantara 16-4.000 Hz. **Gambar 2.5** menunjukkan hubungan antara intensitas bunyi dan frekuensi (Hz) serta nilai ambang pendengaran pada penderita normal.



Gambar 2.5. Nilai ambang pendengaran (Gabriel, 1996)

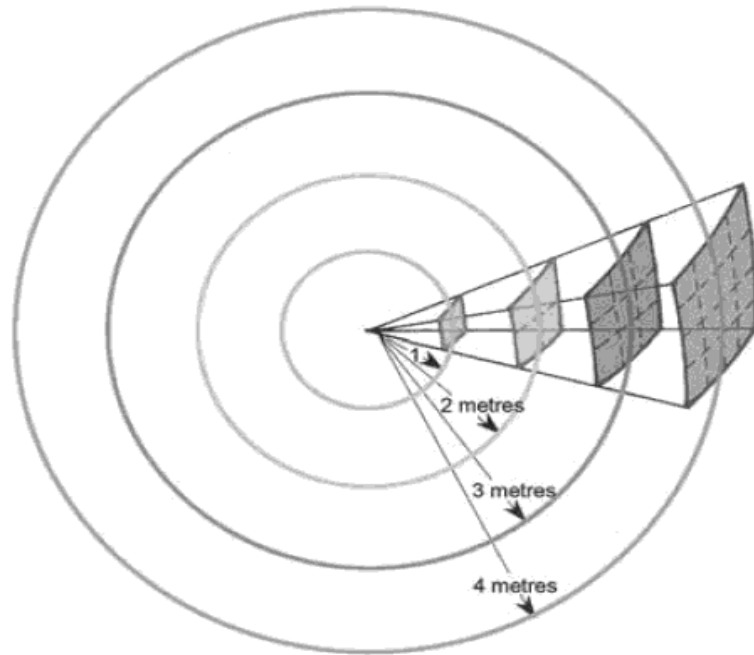
Kepekaan telinga berada pada 0 dB terjadi pada frekuensi 1000 Hz kurva rata-rata yang merupakan nilai ambang rata-rata bagi setiap individu. Nilai ambang merupakan frekuensi yang berkaitan dengan nineau bunyi (dB) yang dapat didengar oleh telinga, contohnya pada frekuensi 30 Hz nineau bunyi harus 60 dB ($10^6 \times 10^{-2} W/m^2$), untuk bisa mendengar bunyi tersebut maka telinga seseorang harus 10^6 kali lebih kuat pada frekuensi 1000 Hz agar dapat mendengar bunyi tersebut, maka tekanan bunyinya juga harus 10^3 kali lebih besar. Pada usia 60 tahun, nilai ambang pendengaran pada frekuensi 4000 Hz berada pada ± 40 dB lebih besar daripada saat usia muda (20 tahun). Gejala yang menyebabkan naiknya nilai ambang karena usia tua dinamakan presbisikusis yaitu kurangnya pendengaran karena umur yang semakin tua).

c. Frekuensi di atas 20.000 Hz

Frekuensi di atas 20.000 Hz dinamakan ultrasonik atau bunyi ultra. Pada bidang kedokteran, frekuensi ini digunakan dalam tiga hal yaitu pengobatan, destruktif atau penghancuran, serta diagnosis (Gabriel, 1996).

2.4.3 Intensitas Bunyi (*Sound Intensity*)

Intensitas bunyi yaitu pengukuran kuat bunyi dengan cara berdasarkan daya bunyi per satuan luas ruang yang terpapar bunyi. Jika sumber bunyi berupa titik, maka ruang yang terpapar bunyi berbentuk bola yang dimensinya makin besar jika makin jauh dari sumber bunyi tersebut (Latifah, 2015) ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Ruang bola yang terpapar bunyi dengan sumber bunyi (Latifah, 2015).

Intensitas bunyi merupakan besar energi bunyi tiap satuan waktu dan satuan luas yang datang tegak lurus. Dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Dimana I merupakan intensitas bunyi dalam satuan watt/m^2 atau watt/cm^2 , A merupakan luas bidang bola dalam m^2 atau cm^2 , dan P merupakan daya bunyi dalam satuan J/det atau watt . Bila S merupakan sumber bunyi yang berdaya P watt, energi bunyi merambat ke segala arah sama rata. Intensitas bunyi di titik yang jaraknya R dari S adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} \quad (2.2)$$

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{R_1^2} : \frac{1}{R_2^2} \quad (2.3)$$

Dari persamaan 2.2 dan 2.3 dapat disimpulkan bahwa intensitas bunyi berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya.

Harga ambang pendengaran merupakan intensitas bunyi terkecil yang masih merangsang pendengaran dengan besar 10^{-12} watt/m². Intensitas bunyi terbesar sebesar 1 watt/m² masih dapat didengar oleh telinga tanpa menyebabkan rasa sakit. Taraf intensitas bunyi merupakan logaritma perbandingan intensitas bunyi dengan harga ambang pendengaran. Taraf intensitas bunyi memiliki persamaan seperti berikut.

$$T I = \log \frac{I}{I_0} \quad (2.4)$$

Dimana TI merupakan taraf intensitas bunyi dalam satuan Bel, I merupakan intensitas bunyi, dan I₀ merupakan harga ambang pendengaran (Dayana & Marbun, 2017).

2.4.4 Tingkat Tekanan Bunyi

Tekanan bunyi (P) merupakan pengukuran kuat bunyi dengan cara mengukur berdasarkan rata-rata variasi tekanan pada partikel udara di atmosfer, yang disebabkan oleh adanya objek bergetar. Satuan tekanan bunyi yaitu Pa (Pascal). *Sound Pressure Level* (SPL) merupakan pengukuran kuat bunyi dengan mengukur berdasarkan logaritma perbandingan tekanan udara yang satuannya yaitu dB (desibel). Jika dilalui energi bunyi, udara mengalami perubahan tekanan maka molekul udara akan merapat dan merenggang. Tekanan yang terjadi ini dibandingkan dengan tekanan acuan. Dapat dirumuskan dalam persamaan berikut.

$$SPL = 20 \log \frac{P_i}{P_0} \quad (2.5)$$

dimana SPL merupakan sound pressure level dengan satuan dB, P_i merupakan tekanan udara yang terjadi dengan satuan Pa atau bar, dan P₀ merupakan tekanan udara acuan dengan frekuensi 1.000 Hz pada ambang dengar manusia bernilai 20 μPa (mikropascal) (Latifah, 2015).

2.4.5 Kebisingan

Kebisingan yaitu bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan (KEP-48/MENLH//11/1996). Definisi kebisingan yaitu gangguan yang berpotensi mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan terutama berasal dari kegiatan operasional peralatan pabrik, sedangkan operator merupakan komponen lingkungan yang terkena pengaruh yang diakibatkan adanya peningkatan kebisingan.

Menurut Sulaksmo (1999:1) jenis jenis kebisingan dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Kebisingan continue (*Steady State Noise*) merupakan kebisingan dimana fluktuasi dan intensitasnya tidak lebih dari 6 dB. Kebisingan ini terbagi dua jenis yaitu:
 - 1) Kebisingan continue dengan spectrum frekuensi luas, yaitu : suara mesin diesel, kipas angin, dan lampu pijar.
 - 2) Kebisingan continue dengan spectrum dengan spectrum frekuensi sempit, yaitu : suara mesin gergaji sirkuler dan katup gas.
- b. Kebisingan Impulsif (*Impulse Noise*) merupakan kebisingan dimana waktu yang dibutuhkan untuk mencapai puncaknya tidak lebih dari 35 milidetik. Contohnya : ledakan meriam, bom, dan lain-lain.
- c. Kebisingan terputus-putus (*Intermittent Noise*) merupakan kebisingan dimana suara keras dan kemudian melemah secara perlahan-lahan. Contohnya : kebisingan yang ditimbulkan lalu lintas, pesawat lepas landas.

Menurut Utami (2010) faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kebisingan adalah sebagai berikut:

- a. Jarak, semakin jauh jarak dari sumber bunyi maka bunyi akan terdengar semakin lemah.
- b. Suhu dan kelembapan, perambatan suara pada suhu tinggi akan lebih cepat dibandingkan dengan suhu rendah karena molekul udara lebih renggang sedangkan pada suhu rendah molekulnya lebih rapat.

- c. Kecepatan angin, angin yang bergerak searah bunyi dengan kecepatan yang relatif besar maka rambatan bunyi akan semakin cepat.
- d. *Barrier*/penghalang, *barrier* yaitu sekat penghalang sumber bunyi dengan penerima bunyi sehingga material *barrier* dapat mempengaruhi besaran bunyi yang ada pada area terlarang. Material *barrier* dapat menggunakan vegetasi/tanaman ataupun bangunan peredam bunyi dapat terpotong dengan adanya *barrier*.

Nilai ambang batas kebisingan di tempat kerja yaitu 85 dBA. Untuk mengetahui tingkat kebisingan digunakan *sound level meter*. Mekanisme kerja *sound level meter* apabila ada benda yang bergetar, maka akan menyebabkan terjadinya perubahan tekanan udara yang dapat ditangkap oleh alat ini, kemudian perubahan tekanan udara diubah menjadi energi yang akan menggerakkan meter petunjuk pada skala yang telah dikalibrasi dalam desibel (Soeripto, 2000).

2.5 Generator Sinyal XR2206

XR2206 merupakan generator pembangkit sinyal yang dapat menghasilkan sinyal segitiga, sinusoidal, dan persegi. XR2206 memiliki stabilitas dan akurasi yang baik dalam menghasilkan sinyal gelombang. Frekuensi yang dihasilkan mulai dari 0.01 Hz sampai 1 MHz dengan tegangan catu daya hanya 10 volt-26 volt (E. Corporation, 2008). XR2206 yaitu IC XR2206, IC buatan EXAR banyak digunakan untuk rangkaian *signal function generator*. Pin 16 pada IC XR2206 keluaran bentuk gelombang dimana amplitude dan frekuensi dapat dimodulasi oleh tegangan eksternal (Mughtar & Hakiki, 2020). IC XR2206 dapat dilihat pada **Gambar 2.7**



Gambar 2.7. IC XR-2206 (Muchtar & Hakiki, 2020).

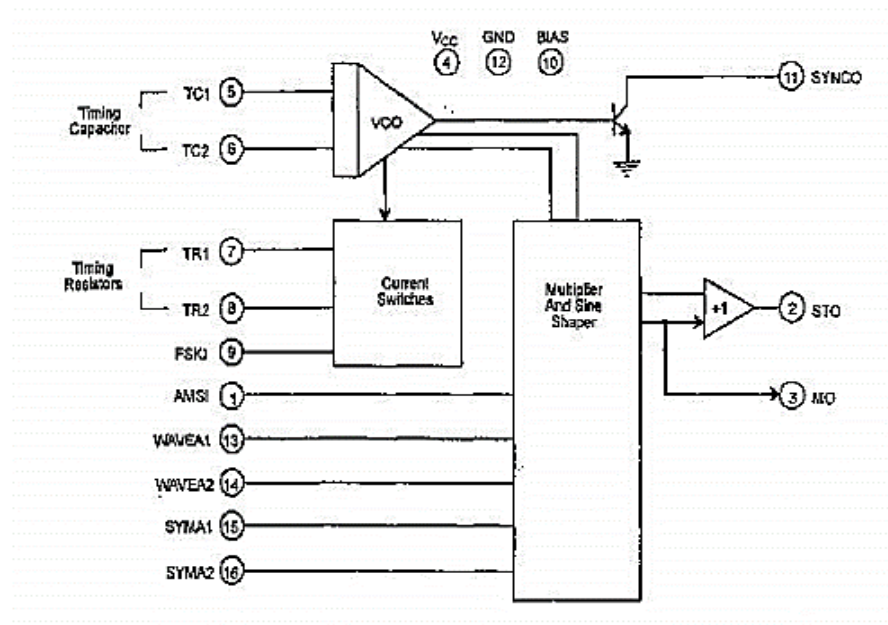
XR2206 terdiri dari 4 blok rangkaian yaitu : *Voltage Control Oscillator*, pengali bentuk gelombang sinus, penguat signal dan pengatur arus. *Voltage Control Oscillator* (VCO) yang menghasilkan sinyal sebanding dengan masukannya yang diatur tahanan pewaktu. Fungsi masing-masing pin dari IC XR2206 dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Keterangan Pin XR2206

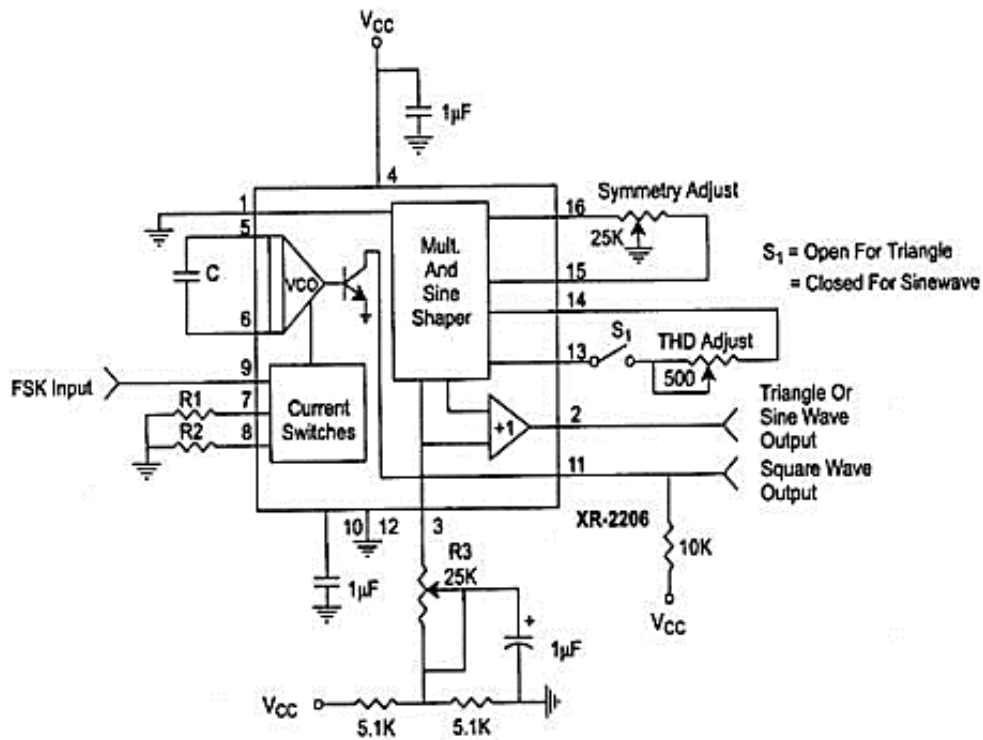
Pin	Simbol	Type	Keterangan
1	AMS 1	I	Amplitude Modulating Signal Input
2	STO	O	Sine and Triangle Wave Output
3	MO	O	Multiplier Output
4	V _{cc}		Positive Power Supply
5	TC1	I	Timing Capacitor Input
6	TC2	I	Timing Capacitor Input
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying Input
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference

Pin	Simbol	Type	Keterangan
11	SYNCO	O	Sync Output
12	GND		Ground Pin
13	WAVEA1	I	Wave form Adjust Input 1
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1
16	SYMA 2	I	Wave Symetry Adjust 2

Sebuah resistor yang menghubungkan terminal timing ke ground mengontrol masukan VCO yang menentukan frekuensi keluaran sebanding dengan masukan. Pin yang dikontrol tegangan (VCO *Voltage Controlled Osilator*), pembagi analog (*analog multiplier*), sebuah *sine shaper*, sebuah *unity gain buffer amplifier*, dan satu set sakelar arus digunakan untuk menghasilkan dua keluaran frekuensi dikrit secara independen untuk aplikasi generator FSK. VCO menghasilkan keluaran frekuensi yang proporsional terhadap arus *input*, yang mana di set dengan sarana sebuah resistor dari terminal *timing control input* FSK (Musta'an, 2011). Blok diagram XR2206 dapat dilihat pada **Gambar 2.8** dan rangkaian frekuensi pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.8. Blok diagram XR2206 (E. Corporation, 2008).



Gambar 2.9. Basic Test Circuit pada XR2206 (Exar, 1997).

IC XR2206 berfungsi sebagai *Frekuensi Shift Key* (FSK) yang digunakan dalam pengiriman data. Keluaran yang dihasilkan merupakan sinyal *Frequency Modulation* (FM). Rangkaian modulator FSK akan mengubah data yang dikirimkan menjadi sinyal. Nilai frekuensi yang dihasilkan bergantung pada nilai R1, R2, dan nilai C yang merupakan komponen eksternal yang harus ditambahkan pada IC XR2206. Nilai frekuensi yang dihasilkan akan sesuai dengan persamaan 2.6 dan 2.7.

$$f_1 = \frac{1}{(R_1 \cdot C)} \quad (2.6)$$

$$f_2 = \frac{1}{(R_2 \cdot C)} \quad (2.7)$$

Dimana, f_1 merupakan frekuensi *mark* ketika *input* berupa data logika *high*, sedangkan f_2 merupakan frekuensi *space* ketika *input* berupa data logika *low* (Exar, 1997).

2.6 Speaker

Speaker merupakan sebuah komponen elektronika sebagai pengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Untuk dapat mengubah gelombang listrik menjadi gelombang suara, *speaker* memiliki komponen elektromagneti terdiri dari kumparan disebut *voice coil*. Komponen ini digunakan untuk menghasilkan medan magnet dan berinteraksi dengan magnet permanen yang mampu menggerakkan *cone speaker* maju dan mundur (bergetar). Gelombang listrik yang melalui *voice coil* akan mengakibatkan arah medan magnet berubah secara cepat sehingga terjadi tarik menarik dan tolak menolak dengan magnet permanen. Sehingga terjadi getaran maju dan mundur pada *cone speaker* yang dapat menghasilkan suara. *Cone* adalah komponen utama speaker yang bergerak. Prinsip kerjanya yaitu “Semakin besar *cone speaker*, semakin besar pula permukaan yang dapat menggerakkan udara, sehingga suara yang dihasilkan speaker juga semakin besar”. *Suspension* yang ada speaker berfungsi untuk menarik *cone speaker* ke posisi semula setelah bergerak maju dan mundur (bergetar) (Giancoli, 2001).

Pada pengujian alat ini akan menggunakan *speaker* jenis Horn TOA ZH-615S. *Speaker* yang digunakan ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 *Speaker* Horn TOA ZH-615S (T. Corporation, 2018).

Data spesifikasi *Speaker* Horn TOA ZH-615S ditunjukkan pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.2 Data Spesifikasi *Speaker* Horn TOA ZH-615S

ZH-615S	
Input	Rated 15W
Impedance	8Ω
Sound Pressure Level	≥109dB (1W, 1M) (at 500 - 2.5kHz peak level)

2.7 Audio Amplifier (Penguat Audio)

Penguat audio merupakan alat penguat bunyi yang dikenal sebagai penguat elektronik untuk meningkatkan impuls suara frekuensi rendah ke tingkat frekuensi yang tepat sehingga dapat menggerakkan *loudspeaker*.

Bagian- bagian Audio amplifier sebagai berikut:

a. *Input atau Microfon (mic)*

Input sinyal berfungsi mengubah getaran mekanis berupa suara menjadi getaran listrik berupa sinyal pada sinyal masukan.

b. *Pre-Amplifier* (penguat awal)

Pre-amplifier (preamp) berfungsi memperkuat dalam persiapan sinyal listrik yang kecil..

c. *Tone dan Volume*

Tone control (pengatur nada) yaitu sebagai pemerataan untuk membuat frekuensi dalam audio tertentu dimana sinyalnya lebih pelan atau keras. Bagian ini juga berfungsi untuk mengubah-ubah tanggapan frekuensi dari sistem penguat (Rahmat Hidayat, 2013).

Modul amplifier yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11. Modul *Amplifier* walet 4 channel TDA 7377 stereo.

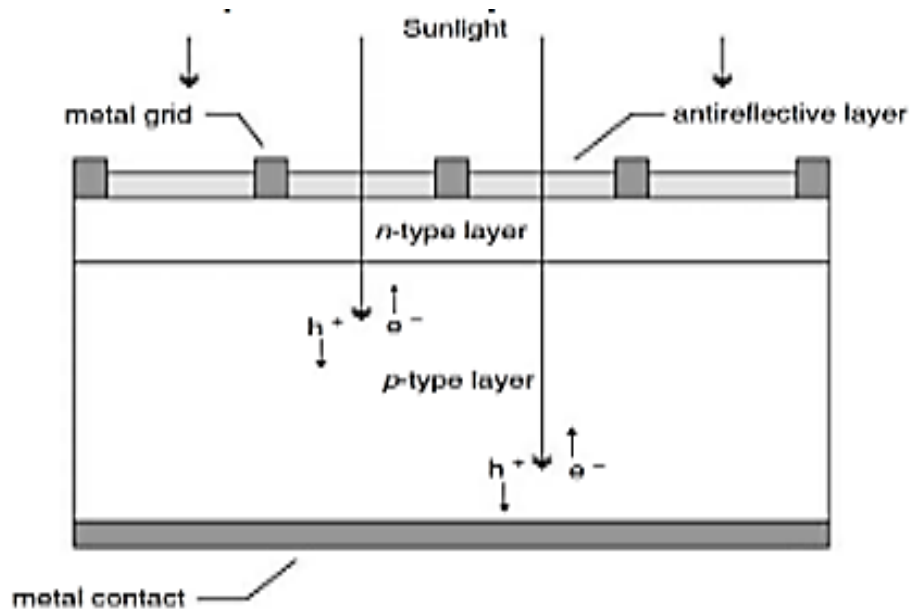
Audio amplifier yang akan digunakan pada pengujian alat pengusir hama burung yaitu *amplifier* walet 4 channel 12 Volt DC. Tugas dari *audio amplifier* ini adalah mendorong sinyal yang sudah diolah pada generator sinyal untuk diteruskan ke bagian *speaker*.

2.8 Panel Surya

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *photovoltaic*. Energi surya *photovoltaic* yaitu teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan energi matahari menjadi arus searah dengan piranti semikonduktor yang biasa disebut dengan panel surya (*sollar cell*) (Purwoto et al., 2018).

Panel surya terdiri dari sel surya yang komponennya lebih kecil. Salah satu terminal listrik pada semikonduktor adalah *metal grid*. Melalui *metal grid*, sinar matahari akan

menembus dan bersentuhan dengan semikonduktor sehingga menghasilkan energi listrik. *Antireflective layer* meningkatkan jumlah cahaya yang mencapai semikonduktor di dalam ruangan. Ketika *hole* (h^+) dan elektron (e^-) muncul akibat energi sinar matahari yang masuk ke sel surya, maka terciptalah energi listrik. Struktur sel surya sederhana dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12. Sel surya sederhana (Yuda et al., 2018).

Besarnya energi yang terbentuk dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$E_{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.8)$$

Dimana :

E_{λ} = Energi sebuah foton (eV)

λ = Panjang gelombang cahaya (μm)

h = Konstanta *Planck* ($6,626 \times 10^{-34}$ joule. s)

c = Kecepatan cahaya ($2,998 \times 10^8$ m/s)

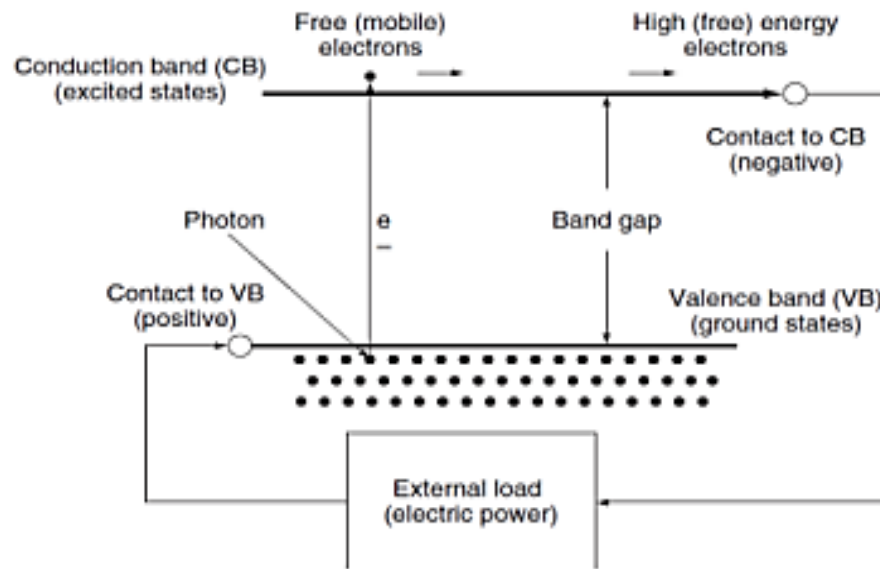
Bila h dan c dikalikan maka $hc = 1,99 \times 10^{-25}$ joule.m . Untuk “partikel” seperti foton dan elektron, satuan yang biasa digunakan adalah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan satu elektron melalui satu volt, sehingga energi dari sebuah foton yang memiliki energi $1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19}\text{J}$. Jadi, konstanta hc dapat ditulis dalam satuan eV dengan:

$$hc = (1,99 \times 10^{-25} \text{ joule.m}) \times (1\text{eV}/1,602 \times 10^{-19}\text{joules}) = 1,24 \times 10^{-6}\text{eV.m}$$

Kemudian mengubah satuannya menjadi μm :

$$hc = (1,24 \times 10^{-6}\text{eV.m}) \times 10^6 \mu\text{m}/\text{m} = 1,24 \text{ eV.} \mu\text{m}$$

Skematik dan aliran elektron dari sel surya dapat dilihat pada **Gambar 2.13** berikut ini:



Gambar 2.13. Bagan sel surya (Yuda et al., 2018).

Daya maksimum (P_{maks}) dapat dihasilkan bila menggunakan peralatan pelacakan titik yang berada pada titik maksimum pada kurva karakteristik, kadang disebut dengan *Maksimum Power Point Tracking* (MPPT) dimana dapat dihasilkan I-V maksimum.

$$P_{\text{maks}} = I_m \times V_m \quad (2.9)$$

Modul fotovoltaik biasanya diuji dalam kondisi standar pada tingkat pencahayaan $1000 \text{ W}/\text{m}^2$. Nilai efisiensi yang lebih rendah dari nilai *rating* disebabkan karena modul surya menerima iradiasi yang relatif sedikit dalam penerapannya karena konsentrasi iradiasi yang rendah. Kondisi standar umumnya digunakan untuk pengujian modul fotovoltaik yaitu pada nilai T_j (temperatur dalam) 25°C . Dibawah kondisi penyinaran, T_j (temperatur dalam) sering bernilai sangat tinggi dan mengakibatkan efisiensi modul fotovoltaik sangat rendah (Yuda et al., 2018).

Menurut Hidayat (2015) terdapat beberapa jenis panel surya yaitu:

a. Sel surya silicon monokristal

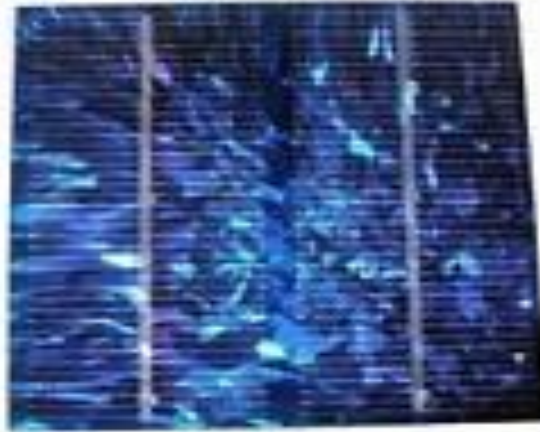
Sel surya jenis ini terbentuk dari bahan dasar monokristal. Monokristal yaitu panel yang dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar dengan efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel monokristal yaitu tidak akan berfungsi di tempat yang cahaya matahari kurang dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Panel surya monokristal ditunjukkan pada **Gambar 2.14**.



Gambar 2.14. Sel surya tipe monokristal (Hidayat, 2015).

b. Sel surya *silicon* polykristal

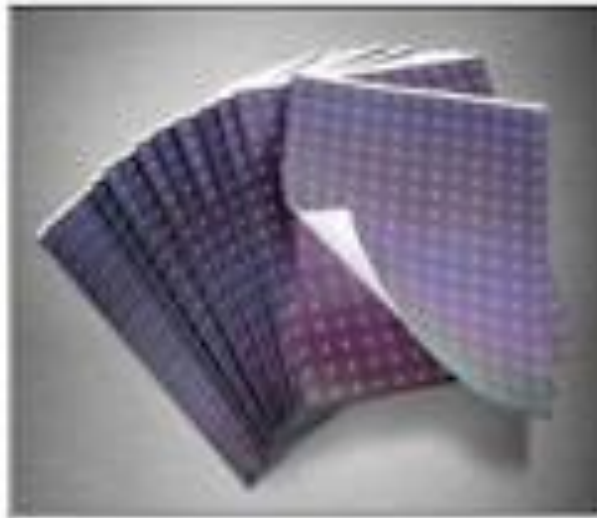
Sel surya jenis ini memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Panel surya jenis ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Efisiensinya antara 10-13% lebih rendah dari sel monokristal. Panel surya polykristal ditunjukkan pada **Gambar 2.15**.



Gambar 2.15. Sel surya tipe polykristal (Hidayat, 2015).

c. Sel surya *Thin Film Photovoltaik*

Sel surya jenis ini memiliki struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8,5% sehingga untuk luas permukaan yang diperkuat per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal dan polykristal. Panel surya jenis ini ditunjukkan pada **Gambar 2.16**.



Gambar 2.16. Sel surya *Thin Film Photovoltaik* (Hidayat, 2015).

Menurut (Gunawan et al., 2021) panel surya terdiri dari berbagai bagian yaitu sebagai berikut:

a. *Cover Glass*

Cover glass yaitu komponen yang berfungsi sebagai pelindung panel surya dari masukan kotoran ataupun air yang dapat mengganggu kinerja panel surya. Bahan yang digunakan terdiri dari bahan bening atau dapat menggunakan kaca atau mika.

b. Perakat Transparan

Perekat transparan berfungsi sebagai perekat perangkat elektronik. Perekat transparan digunakan pada lapisan di atas anti *reflective* dan di bawah kaca pelindung atau *cover* dari panel surya.

c. Lapisan *antireflective*

Lapisan *antireflective* yaitu lapisan tipis dengan indeks *refractive optic* yang terletak di antara semikonduktor dan udara yang berfungsi agar dapat menangkap cahaya lebih banyak.

d. Material Semikonduktor

Semikonduktor yaitu komponen utama pada panel surya yang berfungsi sebagai penyerap cahaya dari sinar matahari. Semikonduktor tersusun atas gabungan dua material semikonduktor tipe-p dan tipe-n.

e. *Back Contact*

Back Contact yaitu komponen bagian pelindung belakang dari panel surya yang berfungsi sebagai konduktor. *Back contact* terbuat dari logam.

f. Rangka Luar

Rangka luar terbuat dari bahan aluminium yang memiliki kekuatan tinggi dan kuat terhadap benturan langsung.

Pada penelitian ini menggunakan jenis panel surya *polycrystalline silicone* 50WattPeak. Spesifikasi panel surya *polycrystalline* ditunjukkan pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Data spesifikasi panel surya *polycrystalline*

Cell Type	Polycrystalline Silicone Solar Cell
Maximum Power (Pmax)	50W
Voltage at Pmax (Vmp)	17.6V
Current at Pmax (Imp)	2.66A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.0V
Short Circuit Current (Isc)	3.03A
Max System Voltage	700V
Temperature Range	-45°C ~ +80°C
Dimension	670×530×30 mm

2.9 Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller yaitu untuk mengontrol proses pengisian baterai di sirkuit listrik. Proses mengatur pengisian arus listrik dari panel surya ke baterai dan sebaliknya. Ketika baterai tersisa 20% sampai 30%, maka yang akan memutuskan beban yaitu regulator. Regulator baterai mengatur kelebihan dalam pengisian baterai dan kelebihan tegangan panel surya. Alat ini untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai (Nandika & Gunoto, 2018).

Solar charge controller mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian- karena baterai sudah ‘penuh’) dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Ada beberapa fungsi dari *solar charge controller* yaitu sebagai berikut.

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
2. Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*.
3. Monitoring suhu baterai.

Solar charge controller yang baik mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Jika baterai sudah terisi penuh maka pengisian arus dari panel urya berhenti secara otomatis. Untuk mendeteksi tegangan menggunakan monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali (Junaldy et al., 2019). *Solar charge controller* ditunjukkan pada **Gambar 2.17**.



Gambar 2.17. *Solar charge controller*.

2.10 Aki GTZ5S (Aki Kering)

Untuk menyimpan listrik yang dihasilkan oleh panel surya, diperlukan baterai atau akumulator. Karena energi matahari tidak selalu ada, baterai berfungsi sebagai sumber energi listrik. Tergantung pada besarnya beban dan lamanya penyimpanan energi listrik, kapasitas baterai yang digunakan berbeda-beda. Hubungan baterai dengan beban adalah dihubungkan secara langsung paralel. Jika baterai terisi penuh maka proses pengisian akan berhenti secara otomatis. Penggunaan baterai disesuaikan dengan tegangan beban yang dipakai (Nandika & Gunoto, 2018).

Aki sering disebut sebagai pengonversi energi kimia menjadi energi listrik dengan tegangan searah (DC). Aki atau baterai juga sebagai elektrokimia yang berpengaruh terhadap zat kimia pereaksinya, sehingga disebut sebagai elemen sekunder. Untuk mengetahui lama penggunaan aki dapat dihitung menggunakan persamaan 2.10:

$$t = \frac{C}{I} \quad (2.10)$$

Untuk mencari waktu yang dibutuhkan dalam pengisian aki (t) yaitu perbandingan dari kapasitas aki (C) dan arus rata-rata *solar charger controller* (I) (Achmad, 2021).

Aki kering menggunakan kalsium pada anode dan katode, dengan penyekat berupa jarring (net) yang dapat menyerap cairan elektrolit. Cairan elektrolit berupa gel, dengan kemasan yang tertutup rapat. Ketika terjadi penguapan, gas alam diserap oleh net tersebut, sehingga tidak terjadi pengurangan jumlah elektrolit. Aki bekerja atas dasar pengisian dan pengosongan energi listrik yang terdapat di dalamnya. Pada saat aki dipakai, maka terjadi pengosongan dimana kedua elektrodanya akan menjadi timbal sulfat. Hal ini disebabkan kedua elektrode ber reaksi terhadap larutan asam sulfat. Pada reaksi tersebut *electrode* timbal melepaskan banyak elektron, akibatnya terjadi aliran listrik dari timbal dioksidanya. Dalam aki terdapat sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat. Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif mengandung mengandung oksid timah coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timah (Pb). Pelat-pelat di tempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai *acid* mudah beredar di sekeliling pelat (Setiono, 2015).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada April sampai dengan Agustus 2023 di Laboratorium Elektronika Dasar FMIPA Universitas Lampung dan di Lembah Suhita Jl. Batin Mangku Negara, Batu Putuk, Kec. Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada riset ini sebagai berikut.

1. Osiloskop digital, untuk melihat sinyal suara yang terjadi pada pengukuran tertentu sehingga dapat diketahui amplitude, frekuensi serta periode sinyal suara.
2. Solder, untuk menyatukan kabel pada komponen.
3. Obeng, untuk mengencangkan baut pada komponen.
4. Meteran, untuk mengukur jarak.
5. Bor baut, untuk melubangi besi.

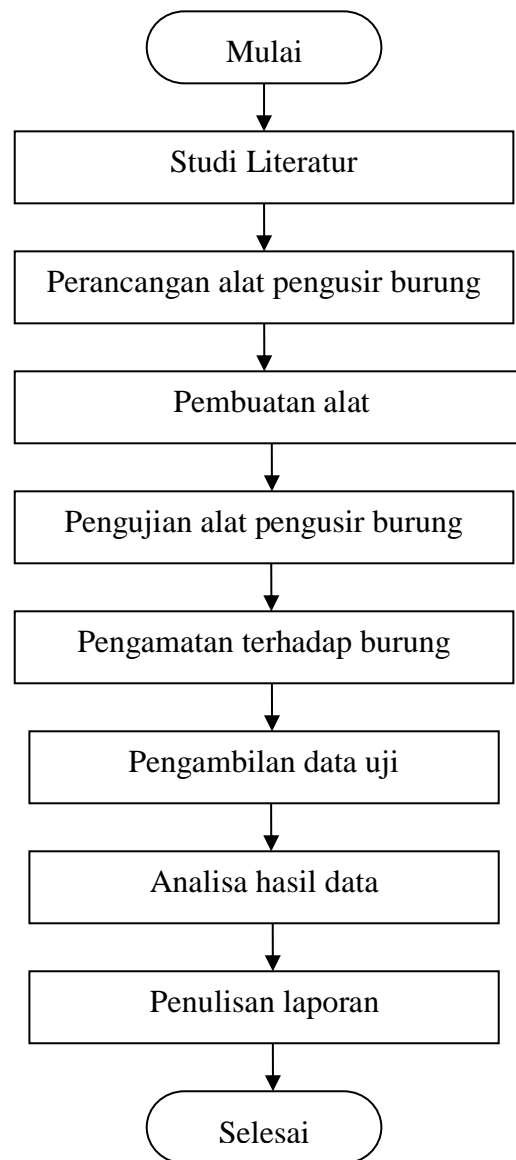
Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Generator Sinyal XR2206, untuk menghasilkan sinyal AC yang frekuensinya dapat diubah-ubah.
2. Panel surya, untuk mengubah energy matahari menjadi energy listrik yang digunakan sebagai sumber tenaga dari sistem yang dibuat.
3. *Speaker* Horn TOA ZH-615S, untuk mengeluarkan suara.
Solar charge controller, untuk mengatur pengisian daya hasil panel surya ke baterai. Alat ini berfungsi untuk mencegah masuknya arus berlebih ke dalam baterai

- sehingga baterai tidak cepat rusak.
4. Generator Sinyal XR2206, untuk menghasilkan sinyal AC yang frekuensinya dapat diubah-ubah.
 5. Panel surya, untuk mengubah energy matahari menjadi energy listrik yang digunakan sebagai sumber tenaga dari sistem yang dibuat.
 6. *Speaker* Horn TOA ZH-615S, untuk mengeluarkan suara.
 7. *Solar charge controller*, untuk mengatur pengisian daya hasil panel surya ke baterai. Alat ini berfungsi untuk mencegah masuknya arus berlebih ke dalam baterai sehingga baterai tidak cepat rusak
 8. Aki atau baterai, untuk tempat penyimpanan energy yang telah dikonversi dari energi matahari menjadi energi listrik oleh panel surya.
 9. Modul *amplifier wallet 4 channel*, untuk mendapatkan hasil suara yang bagus dan jelas.
 10. Besi, untuk penyangga alat.
 11. Triplek, untuk pembuatan case alat.
 12. Kawat timah, untuk menempelkan komponen pada PCB.
 13. Baut, untuk menggabungkan komponen menjadi satu bagian.
 14. Kabel, untuk menghubungkan komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian.
 15. Amplas, untuk menghaluskan besi agar lebih mudah di cat.
 16. Cat, untuk memberikan warna pada alat agar lebih bagus.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi studi literatur dan pembuatan proposal usul penelitian, perancangan dan pembuatan alat, penentuan frekuensi dan intensitas suara, pengujian alat dan pengambilan data, serta analisis hasil dan pembuatan laporan akhir. Adapun secara keseluruhan tahapan yang dilakukan pada penelitian ini disajikan dalam diagram alir seperti pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

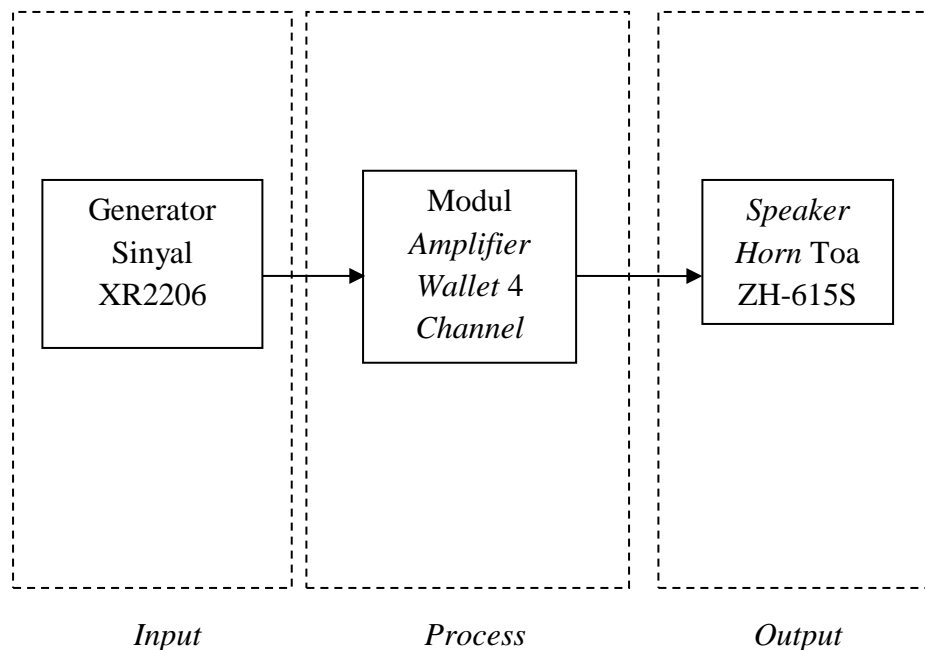
3.3.1 Studi Literatur

Tahap awal yang dilakukan yaitu studi literatur, hal ini dilakukan untuk memahami bagaimana arah dan alur penelitian serta pembuatan alat uji nya. Studi literatur untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini

meliputi jurnal ilmiah, penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait, artikel, buku-buku, serta internet.

3.3.2 Perancangan Alat

Perangkat keras yang digunakan dalam perancangan alat pengusir burung pada penelitian ini meliputi Generator Sinyal XR2206, *Solar Charger Controller* (SCC), Panel surya, Aki motor, saklar, Modul *Amplifier Wallet 4 Channel*, dan *Speaker Horn Toa ZH-615S*. Berikut tampilan diagram blok sistem yang dibuat ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.



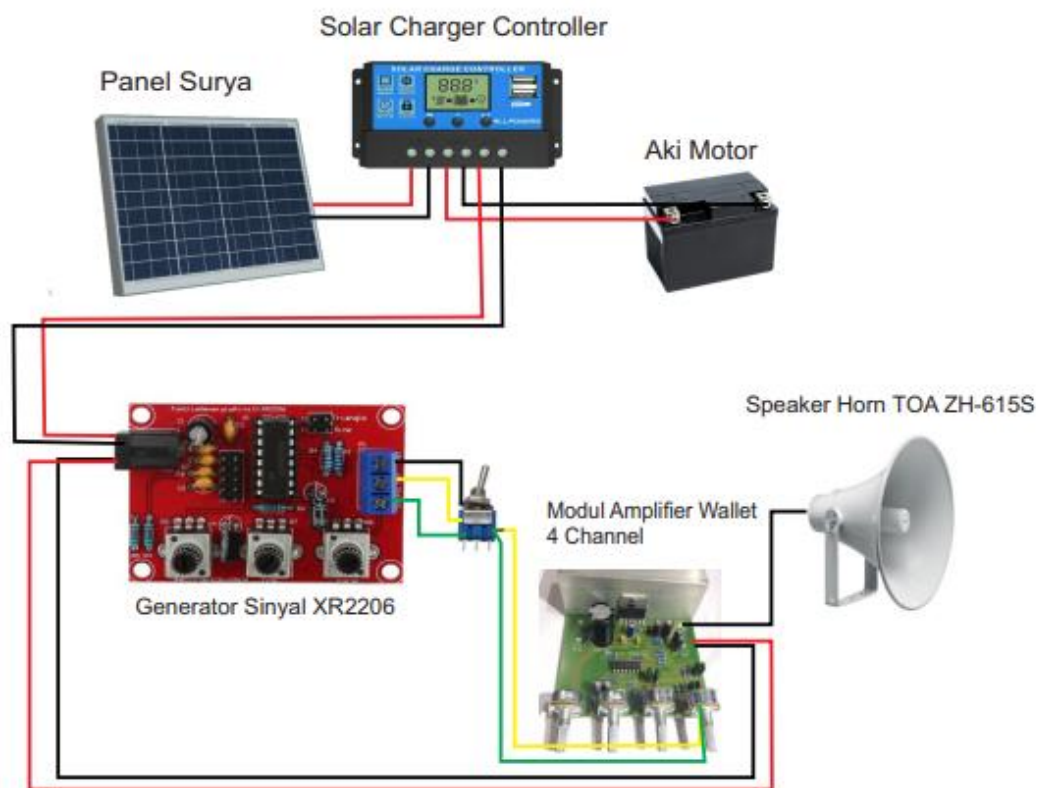
Gambar 3.2. Diagram Blok Perancangan Sistem

Berdasarkan **Gambar 3.2** Generator sinyal XR2206 sebagai *input* yang menjadi pembangkit gelombang sinyal frekuensi yang dikeluarkan oleh *speaker*. Panel surya menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi listrik. Cahaya ditangkap oleh panel surya, diproses oleh *solar charger controller* dan kemudian disimpan dalam baterai. Gelombang sinyal suara input akan dikonversikan menjadi sinyal listrik oleh modul *amplifier* wallet 4 channel agar tegangannya naik dan ketika tegangan naik,

maka suara yang dihasilkan akan menjadi lebih besar. Generator sinyal XR2206 menyediakan frekuensi dari 0,01Hz- 1MHz. *Speaker* Horn TOA ZH-615S akan mengeluarkan suara.

3.3.3 Pembuatan Alat

Skematik rangkaian alat pengusir hama burung ditunjukkan pada **Gambar 3.3** berikut ini.

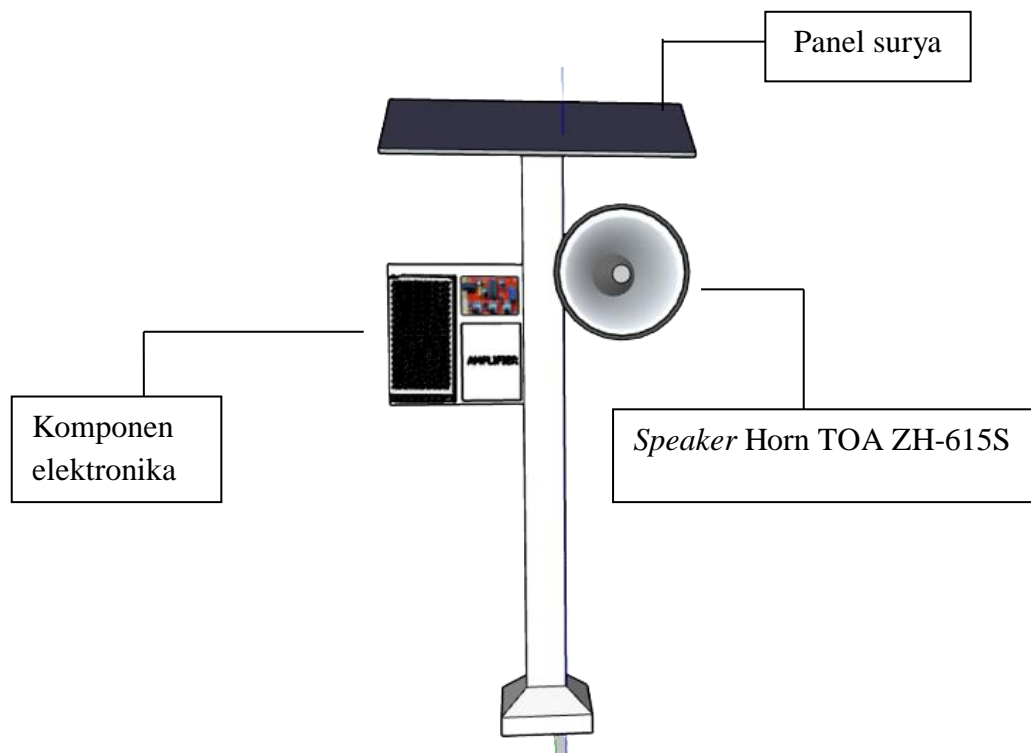


Gambar 3.3. Perancangan Sistem

Berdasarkan **Gambar 3.3** generator sinyal XR2206 di bagian input nya terhubung ke power supply dan VCC 12 V audio amplifier wallet 4 channel. Pin positif berwarna

merah dihubungkan ke SCC positif dengan simbol lampu led, pin negatif kabel berwarna hitam dihubungkan ke SCC negatif dengan simbol lampu led. Pin positif kabel berwarna merah dihubungkan ke audio amplifier wallet 4 channel dan pin negatif kabel berwarna hitam dihubungkan ke 12V audio amplifier. Pada generator sinyal terdapat 3 buah pin berwarna biru merupakan GND SQU, SIN/TRI yaitu kabel hitam, kuning, dan hijau dihubungkan pada selector kaki 6 lalu dihubungkan ke pin input di bagian belakang pada potensiometer volume audio amplifier. Pin spk di audio amplifier dihubungkan ke speaker.

Pembuatan alat pengusir burung dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut.



Gambar 3.4. Desain Alat

Pada **Gambar 3.4.** desain alat menunjukkan bahwa penyangga yang digunakan yaitu besi dengan panjang kurang lebih 1 meter, komponen elektronik yang digunakan dilekatkan pada bagian kiri besi dengan tambahan triplek. Komponen tersebut terdiri dari Generator sinyal XR2206, dan modul *Amplifier wallet 4 channel*. Speaker diletakkan di sebelah kanan besi. Power supply yang digunakan berupa panel surya dan aki.

3.3.4 Pengujian Alat

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui tingkatan frekuensi yang dapat mengusir burung. Suara yang dihasilkan *speaker* merupakan frekuensi gelombang sinyal dari XR2206. Level sensitivitas burung berkisar frekuensi 2 kHz sampai 5 kHz. Pada XR2206 untuk frekuensi yang dapat dipilih untuk pengujian yaitu dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.1** di bawah.

Tabel 3.1. Frekuensi pada XR2206

Frekuensi	Reaksi Burung
100 Hz-3 kHz	
3 kHz-65 kHz	

Setelah diperoleh *range* frekuensi sinyal suara yang dapat mengganggu pendengaran burung, untuk mengetahui frekuensi yang dihasilkan oleh speaker dan untuk mengetahui tingkat kebisingan dari suara yang dikeluarkan menggunakan osiloskop serta Decibel X.

Uji coba alat dilakukan langsung di Lembah Suhita berada di Batu Putu Bandar Lampung. Alat pengusir hama burung diletakkan pada suatu titik di lahan uji yang diperkirakan menjadi arah datangnya hama burung. Jenis lebah yang ada di Lembah Suhita yaitu jenis trigona dan apis, serta yang menjadi hama yaitu burung walet sriti. Untuk pengujian alat pengusir burung dilakukan pada waktu dimana biasanya burung memangsa lebah pekerja. Menurut *beekeeper* lebah pekerja beraktivitas di luar sarang pada saat pagi hari pukul 10.00 dan sore hari pukul 15.00. Maka alat ini akan diujikan pada jam 10.00 dan jam 15.00, serta ketika burung mulai mendekati tempat lebah pekerja mencari makan.

3.3.5 Pengamatan Terhadap Perilaku Burung

Tahap ini dilakukan untuk melihat bagaimana reaksi burung ketika alat pengusir hama burung digunakan. Jenis burung yang diamati yaitu burung walet sriti. Ketika alat pengusir burung dibunyikan apakah burung menjauhi sumber suara atau tidak. Waktu pengamatan dilakukan selama 3 hari, untuk melihat perbedaan tingkah laku burung pada hari pertama, kedua, dan ketiga. Tingkah lakunya dibagi menjadi 3 yaitu tidak terganggu, sedikit terganggu dan meninggalkan tempat adanya alat. Kemudian, dapat disimpulkan apakah burung semakin lama semakin terganggu karena adanya suara dari alat atau semakin lama semakin terbiasa dengan adanya suara dari alat.

Hasil pengamatan burung selama 3 hari dapat dilihat pada tabel 3.2, tabel 3.3, dan tabel 3.4.

Tabel 3.2 Frekuensi yang dapat mengusir burung pada hari pertama.

Waktu alat dibunyikan	Frekuensi yang dihasilkan	Reaksi burung
10.00-12.00		
15.00-17.00		

Tabel 3.3 Frekuensi yang dapat mengusir burung pada hari kedua.

Waktu alat dibunyikan	Frekuensi yang dihasilkan	Reaksi burung
10.00-12.00		
15.00-17.00		

Tabel 3.4 Frekuensi yang dapat mengusir burung pada hari ketiga.

Waktu alat dibunyikan	Frekuensi yang dihasilkan	Reaksi burung
10.00-12.00		
15.00-17.00		

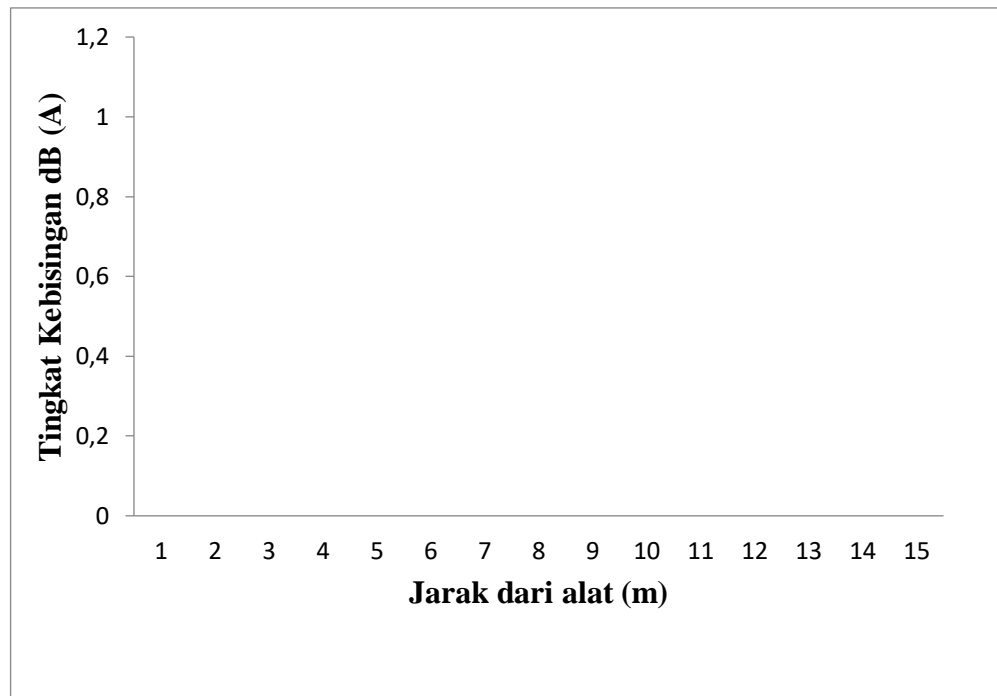
Setelah dilakukan pengamatan selama 3 hari dapat diketahui pada waktu kapan burung lebih banyak memangsa lebah dan pada frekuensi berapa burung dapat terganggu.

Tabel 3.5 dibawah menunjukkan hasil pengukuran tingkat kebisingan suara alat pada jarak tertentu terhadap burung.

Tabel 3.5. Data kebisingan alat terhadap jarak

Jarak dari alat (m)	Tingkat kebisingan alat (dB)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Data yang diperoleh dari **Tabel 3.5** kemudian di plot ke dalam bentuk grafik sehingga dapat diketahui efektifitas antara tingkat kebisingan dan jarak dari alat pengusir burung walet sriti. **Gambar 3.5** menunjukkan grafik hubungan antara kebisingan suara yang dikeluarkan alat terhadap jarak dari alat.



Gambar 3.5 Grafik hubungan antara kebisingan suara yang dikeluarkan alat terhadap jarak dari alat.

3.3.6 Analisis Hubungan Tingkat Kebisingan Alat dengan Jarak Dari Alat

Data diolah untuk menganalisis hubungan antara tingkat kebisingan alat dengan jarak dari alat yang diperoleh menggunakan analisis regresi linier. Analisis untuk mengetahui hubungan antara variabel terikat atau (y) dengan satu atau lebih variabel bebas (x). Variabel bebas (x) adalah jarak dari alat uji dan variabel terikat (y) adalah tingkat kebisingan alat uji. Berikut ini adalah rumus regresi linier.

$$y = a + bx \dots \dots \dots (3.1)$$

Dari persamaan (3.1) maka diperoleh rumus:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dengan:

a = Konstanta (titik potong y)

b = Gradien persamaan linier dari variabel x

y = Variabel tingkat kebisingan alat

x = Variabel jarak dari alat uji

\bar{y} = Variabel tingkat kebisingan alat rata-rata

\bar{x} = Variabel jarak dari alat uji rata-rata

Dari hasil penelitian yang diperoleh akan dihitung nilai koefisien relative menggunakan

Persamaan 3.4.

$$R^2 = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$R = \sqrt{R^2} \quad \text{dimana } -1 < R < 1 \dots \dots \dots (3.4)$$

Dengan:

$R = 0$: tidak ada korelasi

$|R| < 0,5$: korelasi lemah

$0,5 < |R| < 0,75$: korelasi sedang

$0,75 < |R| < 0,9$: korelasi kuat

$0,9 < |R| < 1$: korelasi sangat kuat

$|R| = 1$: berkorelasi

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka diperoleh simpulan sebagai berikut.

1. Alat pengusir hama burung pemakan lebah dapat dirancang bangun menggunakan metode akustik menggunakan generator sinyal XR2206 dan speaker Horn TOA ZH-615S. Berdasarkan hasil pengujian alat selama 3 hari dapat membuat burung terganggu dengan frekuensi suara yang dibangkitkan dari XR2206 dan dibunyikan oleh speaker Horn TOA ZH-615S.
2. Frekuensi efektif yang dapat mengusir (mengganggu) burung yaitu 3KHz-4KHz. Hasil pengujian menunjukkan sekawanan burung terbang menjauhi area pohon akasia di mana alat pengusir hama burung diletakkan.
3. Intensitas suara alat pengusir hama burung yaitu antara 106-120 dB. Pada jarak 15 meter bunyi masih terdengar dengan 85.9 dB-89.4 dB.

5.2 Saran

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian berikutnya yaitu melanjutkan perancangan alat pengusir hama burung pemakan lebah agar bisa menjadi alat yang lebih baik serta dapat digunakan otomatis berbasis Internet Of Things (Iot) mampu mengawasi area pohon akasia yang biasanya menjadi tempat burung memangsa lebah menyesuaikan dengan waktu yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M. subuh isnur. 2021. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Portable untuk Daerah Terpencil. *Jurnal Teknik Elektro*, 10, 1052–1054.
- Akil, H. 2003. *Metode Akustik untuk Menghalau Jenis Burung yang Terdapat di Sekitar Landasan Pacu Bandara Soekarno Hatta, Prosiding Seminar Nasional Akustik dan Teknik Tata Suara*.
- Andaruisworo, S. 2015. *Agribisnis Aneka Ternak. Prosiding Seminar Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP) Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman (vol,5,353-362)*.
- Chantler, P., & Drissens, G. 1995. *Swifts : A guide to the swifts and treeswift of the world*. Pica Press.
- Corporation, E. 2008. *Datasheet XR-2206. no 510*, 1–16. Diakses pada tanggal 17 Februari 2023, pukul 17.26 WIB
- Corporation, T. 2018. *4920-Zh-615S-Paging-Horn-Speaker-Specification.Pdf*. Diakses pada tanggal 17 Ffebruari 2023, pukul 16.55 WIB.
- Dayana, I., & Marbun, J. 2017. *Fisika Terapan*. CV. Widya Puspita.
- Eaton, J., van Balen, B., Brickle, N., & Rheindt, F. 2016. *Birds of the Indonesian Archipelago: Greater Sundas and Wallacea*. Lynx Edition.
- Exar. 1997. *XR 2211 Function Demodulator/Tone Detector Data Sheets*. Exar corp.
- Gabriel, J. 1996. *Fisika Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.

- Giancoli. 2001. *Fisika Jilid 2 Edisi Kelima*. Erlangga
- Goenarto, P. 2016. *Kirik-kirik laut terlihat di Restorasi Ekosistem Riau (RER)*. Restorasi Ekosistem Riau. Diakses pada tanggal 25 Januari 2023, pukul 08.24 WIB.
- Gunawan, L. A., Agung, A. I., Widyartono, M., & Haryudo, S. I. 2021. Rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya portable. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 65–71.
- Harsa, F. M., & Azmir, M. 2022. *Alat Pengusir Hama Burung Tanaman Padi Dengan Tenaga Matahari*. 18524069. Diakses pada tanggal 10 Februari 2023, pukul 09.32 WIB.
- Hidayat, S. 2015. Pengisi Baterai Portable dengan Menggunakan Sel Surya. *Jurnal Energi Dan Kelistrikan*, 7(2), 137–143. <http://jurnal.itpln.ac.id/energi/article/view/309>
- Junaldy, M., Sompie, S. R. U. A., & Patras, S. 2019. Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 8(1), 9–14.
- Kusni, M., Gede, I. K., Ariyanto, P., Setiawan, R. A., Aeronotika, P. S., Fakultas, A., Mesin, T., & Bandung, J. G. 2010. *Metoda Akustik Di Bandar Udara Juanda Surabaya*. 35–46.
- Lamerkabel, J. S. . 2011. Mengenal Jenis-Jenis Lebah Madu, Produk-Produk dan Cara Budidayanya. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 9(1), 70–78.
- Latifah, N. L. 2015. *Fisika Bangunan 2* (L. Kurniawan (ed.)). Griya Kreasi.
- Lina Elvita. 2014. Analisis Profil Protein dan Asam Amino Sarang Burung Walet (*Collocalia fuchiphaga*) Asal Painan. *Jurnal Valensi* 4(1), 61–69.
- Muchtar, H., & Hakiki, R. S. 2020. Monitoring Suhu Kelembaban dan Polusi Udara Berbasis Raspberry Pi 3 dengan Menggunakan Transmisi Radio Frekuensi. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 3(2), 61. <https://doi.org/10.24853/resistor.3.2.61-70>
- Mulyani, Y. A., & Iqbal, M. 2020. *Burung-burung di kawasan Sembilang Dangku*. ZSL Indonesia.
- Musta'an, M. K. 2011. *Sensor Posisi Faraday Untuk Pendeteksi*. 1–68.
- Nandika, R., & Gunoto, P. 2018. Pemanfaatan Sel Surya 50 Wp Pada Lampu

- Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Hinterland. *Sigma Teknika*, 1(2), 185. <https://doi.org/10.33373/sigma.v1i2.1516>
- Nurraharjo, E. 2013. Rangkaian Pembangkit Gelombang dengan menggunakan IC XR-2206. *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik*, 18(1), 24–29.
- Palupi, M. R., & Basuki, B. 2019. Determination of The Effective Frequency and Sound Pressure Level to Repel Birds at Ahmad Yani Airport Semarang. *Prosiding PPIS 2019*, 343–350.
- Prasetyo, A. 2017. Rancang Bangun Sistem Pengusir Hama Burung Pada Tanaman Padi. In *Tugas Akhir*.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. 2018. Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10–14. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- Rahmat Hidayat. 2013. Penerapan Audio Amplifier Stereo Untuk Beban Bersama dan Bergantian dengan Menggunakan Saklar Ganda sebagai Pengatur Beban. *Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 96–101.
- Salandin, A. 2020. “Prappctices in Physics For Engineering Students”. *Stud. Educ. Manag*, 8, 1–9.
- Sarwono. 2001. *Lebah Madu*. Agro Media Pustaka.
- Setiono, I. 2015. Akumulator, Pemakaian Dan Perawatannya. *Metana*, 11(01), 31–36.
- Sihombing, D. T. H. 1997. *Ilmu Ternak Lebah Madu*. Gajah Mada University Press.
- Soeripto. 2000. *Teknologi Pengendalian Intensitas Kebisingan*. Majalah Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Pusat Hiperkes dan Keselamatan Kerja Depnaker RI.
- Stevens, L. 1996. *Avian Biochemistry and Molecular Biology*. Cambridge University Press.
- Utari, E., Ekasari, E., Oktadinata, R., & Mahrawi, M. 2021. Program Peningkatan Produksi Dan Kualitas Packaging Madu Peternak Lebah Tradisional Banten Dalam Meningkatkan Penjualan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (JPKM) Tabik Pun*, 2(1), 81–90. <https://doi.org/10.23960/jpkmt.v2i1.21>
- Warisno. 1993. *Cara Pemeliharaan Lebah Madu* (No. 31/Th.). Dalam: Desa Kita.
- Warisno. 1996. *Budidaya Lebah Madu*. Kanisius.

- Widiarti, A., & Kuntadi. 2012. Budidaya Lebah Madu *Apis mellifera* L. Oleh Masyarakat Pedesaan Kabupaten Pati, Jawa Tengah (Beekeeping of *Apis mellifera* L. Honeybees by Rural People in Pati Regency, Central Java). *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 9(4), 351–361.
- Young, H. D., Freedman, R. a, Sandin, T. R., & Ford, A. L. 2003. *Fisika Universitas/Edisi Kesepuluh/Jilid 2 (Kesepuluh)*. Erlangga.
- Yuan, H. W., Brent Burt, D., Wang, L. P., Chang, W. L., Wang, M. K., Chiou, C. R., & Ding, T. S. 2006. Colony site choice of blue-tailed bee-eaters: Influences of soil, vegetation, and water quality. *Journal of Natural History*, 40(7–8), 485–493. <https://doi.org/10.1080/00222930600681043>
- Yuda, B. P. E. P., Natsir, A., & Nrartha, I. M. A. 2018. Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Metode Mppt Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano [Design of Solar Charge Controller With Mppt Method Based-on Microcontroller Arduino Nano]. *Mataram Repository E-Journal*.