

Pengujian Gelombang dengan *Buzzer* Generator Frekuensi Sebagai Alternatif Pengusir Tikus Mencit (*Mus musculus*)

Umi Pratiwi^{1,*}, Zaroh Irayani²

^{1,2}Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. DR. Soeparno No.61, Karang Bawang, Karangwangkal, Purwokerto Utara, Banyumas, 53122, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 11 Mei 2023
Direvisi: 29 Juni 2023
Diterima: 29 Agustus 2023

Kata kunci:

Buzzer Generator
Gelombang Suara
Pengusir Tikus

Keywords:

Buzzer Generator
Sound wave
Rat Repellent

Penulis Korespondensi:

Umi Pratiwi
Email:
umisalfa2011@gmail.com

ABSTRAK

Perancangan alat gelombang *Buzzer* generator frekuensi bertujuan untuk pengujian gelombang suara menggunakan kontrol potensiometer. Pengujian Gelombang suara yang dihasilkan dilakukan untuk menghasilkan frekuensi cukup efektif mengganggu pendengaran tikus pada rentang gelombang suara frekuensi ultrasonik. Sistem pendengaran tikus terutama sensitif terhadap suara dengan frekuensi yang lebih tinggi dari 20 kHz. Perancangan alat menggunakan model pengembangan 4D Thiagarajan dengan tahapan pendefinisian, perancangan, dan tahap pengembangan. Adapun Istrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi ahli dan lembar uji laboratorium. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh yakni alat memenuhi kriteria kelayakan pada uji coba laboratorium dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil sebesar 0,05% pada output sistem, 0,06% pada uji komparasi tegangan, dan kesalahan sebesar 0,07% pada uji komparasi arus. Alat juga memenuhi kriteria kelayakan pada uji validasi dengan persentase sebesar 78% dengan pengujian lapangan. Uji komparasi alat dengan multimeter digital untuk rentang frekuensi 0-1200 Hz menunjukkan bahwa alat berhasil membangkitkan buzzer dengan frekuensi sangat baik. Dengan Buzzer Generator Frekuensi diperkuat dengan piezoelektrik alat menghasilkan frekuensi pada rentang ultrasonik yang dapat ditangkap oleh pendengaran tikus.

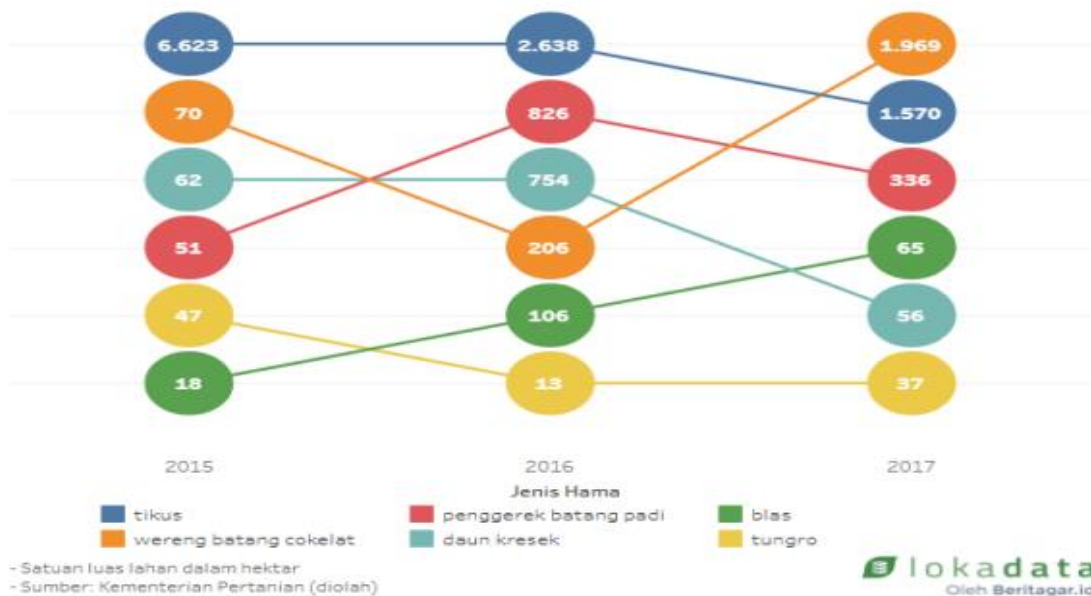
The design of a Buzzer Wave Generator Frequency device aims to test sound waves using potentiometer control. The testing of the generated sound waves is conducted to produce frequencies that are sufficiently effective in disturbing the hearing of rats within the range of ultrasonic sound frequencies. Rat hearing systems are particularly sensitive to sounds with frequencies higher than 20 kHz. The device design utilizes the 4D Thiagarajan development model, which includes the stages of definition, design, and development. The instruments used in this study are expert validation sheets and laboratory test sheets. Based on the research results obtained, the device meets the feasibility criteria in laboratory testing with a very small error rate of 0.05% in the system output, 0.06% in voltage comparison tests, and an error of 0.07% in current comparison tests. The device also meets the feasibility criteria in validation testing with a percentage of 78% through field testing. Comparing the device with a digital multimeter in the frequency range of 0-1200 Hz shows that the device successfully generates a buzzer with excellent frequency. With the Buzzer Wave Generator Frequency amplified by piezoelectricity, the device produces frequencies in the ultrasonic range that can be detected by rat hearing.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Tikus merupakan hewan pengerat yang keberadaannya banyak membuat kerugian di berbagai aspek, baik rumah tangga, industri maupun pertanian. Karena sering berada pada lingkungan yang kumuh dan kotor, tikus juga merupakan salah satu faktor penyebab gangguan kesehatan. Penyakit yang ditimbulkan oleh tikus salah satunya adalah *Leptospirosis* (Fitriana *et al.*, 2018). *Leptospirosis* merupakan masalah kesehatan masyarakat di seluruh dunia, khususnya di negara-negara yang beriklim tropis dan sub tropis, serta memiliki curah hujan yang tinggi (Lubis, 2018).

Tikus pemukiman merupakan tikus yang sudah beradaptasi dengan baik terhadap segala bentuk aktifitas manusia. Jenis tikus yang biasa ditemui pada lingkungan manusia diantaranya adalah jenis *Rattus Diardi*, *R. Norvegicus*, dan *Muschulus* (Saragih *et al.*, 2019). Tikus pemukiman berada di daerah kota dengan penduduk yang padat dan kondisi sanitasi yang kurang baik. Hubungan tikus dan manusia seringkali bersifat parasitisme. Tikus dan mencit adalah hewan pengerat (*Rodensia*) yang lebih dikenal sebagai hama di lahan pertanian, perusak barang di gudang, dan hewan pengganggu di perumahan. Bahkan tikus juga merupakan salah satu penyebab menurunnya jumlah produksi beras secara nasional di Indonesia pada tahun 2015-2017 (Ikhsan *et al.*, 2020). Pada Gambar 1 berikut ini ditunjukkan bahwa dari tahun 2015-2017 hama tikus menjadi faktor utama penyebab terjadinya gagal panen di Indonesia (Herdianto dan Tarigan, 2020).



Gambar 1 Luas lahan gagal panen dan hama penyebabnya di Indonesia tahun 2015-2017

Oleh karena itu perlu dilakukan terobosan baru untuk mengatasi hama tersebut selain menggunakan metode konvensional, juga diperlukan metode baru yang memanfaatkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kemajuan teknologi di era digital saat ini yang semakin pesat salah satunya ditandai dengan perkembangan mikrokontroler yang mampu melakukan digitalisasi dan modernisasi peralatan-peralatan konvensional (Kalimuthu *et al.*, 2020). Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang elektronika menawarkan salah satu sistem yang dapat digunakan untuk mengusir tikus dengan mengganggu sistem indera pendengaran tikus menggunakan frekuensi gelombang bunyi. Tikus merupakan salah satu hewan yang peka terhadap gelombang bunyi, bahkan mampu mendengar gelombang suara berfrekuensi ultrasonik yaitu 5 – 60 Khz (Zhao *et al.*, 2019). Perangkat Larvasonik akustik menggunakan gelombang ultrasonik efektif untuk mengontrol larva nyamuk *Aedes Aegypti* di lingkungan air tawar yang beragam (Kalimuthu *et al.*, 2020). Perangkat akustik gelombang ultrasonik yang diujicobakan dalam laboratorium untuk menyelidiki pengaruh waktu pemaparan dan jarak dari transduser terhadap larva dan kepompong nyamuk *Aedes Aegypti*. Alat

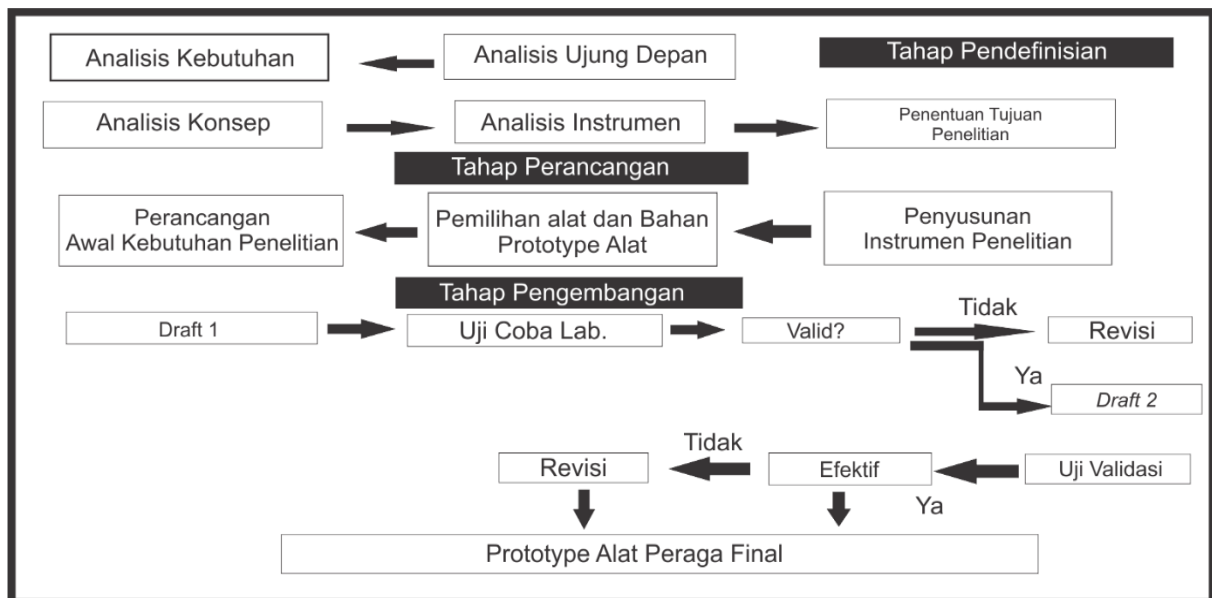
tersebut dievaluasi keefektifannya dalam kondisi medan yang berbeda. Hasil menunjukkan larva instar lebih sensitif terhadap rentang frekuensi 18-30 kHz dari perangkat Larvasonik.

Gelombang ultrasonik yang diterapkan 180 detik pada frekuensi 1.8030 kHz menyebabkan 100% kematian larva pada jarak 60 cm dari sumber (Zhou *et al.*, 2019). Ultrasonik juga efektif sebagai pembersih pestisida antara 14,7% - 59,8% (Saranya *et al.*, 2019). Penggunaan gelombang ultrasonik di lahan pertanian di India untuk mengusir hama pertanian dan meningkatkan kualitas hasil pertanian lebih baik dengan berkolaborasi dengan pemanfaatan gelombang inframerah frekuensi di atas 20 kHz.

Berdasarkan kebermanfaatan gelombang ultrasonik pada uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengujian gelombang ultrasonik dengan generator buzzer berjenis piezoelektrik pengusir tikus berbasis arduino dengan kontrol potensiometer yang dirangkai secara sederhana untuk mempermudah pengukuran. Selanjutnya ditentukan rentang frekuensi bunyi yang efektif untuk mempengaruhi obyek uji coba. Alat diujicobakan pada tikus mencit (*Mus Musculus*) sebagai sampel guna mendapatkan rentang data frekuensi suara yang efektif mempengaruhi indera pendengaran tikus.

II. METODE

Perancangan alat menggunakan metode pengembangan yang mempunyai fokus tujuan untuk menghasilkan suatu produk dan menguji efektifitas serta kelayakannya. Model penelitian ini mengadopsi model penelitian 4D Thiagarajan dengan tahapan *define, design, development, dan disseminate* (Trianto, 2009). Tahap *development* yang diuraikan dan disesuaikan tahapannya menjadi tahapan uji laboratorium menggunakan metode komparasi dan uji validitas oleh ahli. Sehingga apabila dijabarkan, tahapan dalam penelitian ini meliputi: 1) *Define*, 2) *Design*, 3) Uji Validitas, 4) Uji Laboratorium, dan 5) Evaluasi. Dasar pemilihan untuk mengadopsi model penelitian 4D Thiagarajan ini dikarenakan langkah pada model penelitian ini mudah dipahami dan sesuai dengan kebutuhan serta tujuan penelitian ini yaitu untuk menghasilkan suatu produk dan menguji kelayakannya. Urutan langkah-langkah dalam metode penelitian pengembangan alat ini bisa dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Tahapan pembuatan alat

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa teknik, meliputi: 1) Observasi, 2) Studi literatur, 3) Uji coba laboratorium alat 4) Uji validasi alat. Teknik observasi dalam penelitian ini menggunakan metode wawancara. Metode observasi ini merupakan teknik pengumpulan data yang digunakan apabila peneliti ingin melakukan studi untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang muncul serta guna mengetahui hal-hal yang mendalam melalui responden terbatas (Sugiyono, 2015).

Teknik wawancara dapat dilakukan secara struktural maupun tidak terstruktur. Metode ini dapat dilakukan dengan cara tatap muka, telepon, maupun internet (Sugiyono, 2015). Pada penelitian

implementasi wawancara dilakukan dengan tujuan mendapatkan data awal mengenai alat yang dibutuhkan guna menghasilkan frekuensi generator yang akan digunakan dalam ujicoba. Wawancara itu dilakukan dengan mewawancarai ahli IT yang memiliki aktivitas dalam penelitian menggunakan alat sejenis, yakni Lembaga Sekolah *Robotic Pro-Techno* Purworejo, Jawa Tengah. Wawancara ini terkait perancangan alat untuk menghasilkan frekuensi yang akan dihasilkan. Selain itu wawancara dengan beberapa petani (5 petani) daerah kecamatan Banyuurip terkait hama tikus yang menyerang sawah meraka.

Tahapan pengumpulan data yang selanjutnya adalah tahap uji coba alat. Uji coba alat ini digunakan untuk mengetahui keberhasilan alat yang dibuat dari aspek presisi dan akurasinya. Teknik pengumpulan data selanjutnya menggunakan teknik angket uji validasi untuk mengetahui kelayakan dan respon pengguna untuk digunakan. Angket merupakan teknik pengumpulan data dengan memberikan seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis untuk dijawab oleh responden (Sugiyono, 2015). Angket pada penelitian ini meliputi angket lembar validasi ahli yang diberikan kepada pakar atau ahli untuk mengetahui kelayakan alat untuk digunakan. Guna mengukur serta menghasilkan data kuantitatif maka digunakanlah instrumen dalam penelitian ini meliputi: 1) Lembar wawancara, 2) Lembar Uji Laboratorium, 3) Lembar validasi. Lembar wawancara diberikan kepada beberapa petani di Kabupaten Purworejo yang kemudian datanya diperkuat dengan hasil studi literatur untuk mengetahui permasalahan secara mendalam. Lembar uji coba laboratorium alat peraga digunakan untuk mendapatkan data akurasi dan presisi alat menggunakan metode uji komparasi perhitungan oleh sistem alat dengan acuan alat ukur konvensional. Keberhasilan alat yang telah dibuat diperlukan pemahaman yang kongkret dengan melakukan analisis data. Hasil yang diperoleh dari analisis data dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam melakukan perbaikan kinerja alat yang telah dibuat.

Analisis data pada penelitian ini dibagi menjadi: 1) Analisis uji coba laboratorium, 2) Analisis uji validitas alat oleh pakar/ahli. Analisis data uji coba alat digunakan untuk menguji dan mengukur nilai kesalahan (*error*) yang dilakukan dengan membandingkan nilai kesalahan terbatas dan nilai aktual yang ditetapkan. Berikut ini persamaan untuk menghitung persentase nilai kesalahan yang terjadi pada alat:

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Nilai}_{\text{Sebenarnya}} - \text{Nilai}_{\text{Ukur}}}{\text{Nilai}_{\text{Sebenarnya}}} \times 100\% \quad (1)$$

Sedangkan untuk ralatnya seperti sebagai berikut:

$$\text{Ralat} = \frac{\% \text{ Kesalahan}}{100\%} \times \text{Nilai}_{\text{Sebenarnya}} \quad (2)$$

Pengumpulan data-data tersebut kemudian dianalisis dengan memberikan deskripsi dan gambaran data yang terkumpul tanpa bermaksud memberikan kesimpulan secara umum (Sugiyono, 2015).

III. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian berfokus untuk menghasilkan suatu produk dan menguji kelayakannya. Subjek dalam penelitian ini adalah sampel hama yang mengambil dari jenis tikus dan validator kelayakan alat yang diambil dari penilaian pakar/ahli. Uji laboratorium dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Purworejo pada tahun 2021. Hasil wawancara dengan petani menyatakan hampir 80% tikus sangat merugikan para petani yang menyebabkan menurunnya hasil panen padi. Selain itu petani juga mengeluh selain menyerang sawah, mereka juga berkembang biak di rumah-rumah penduduk yang juga merugikan kehidupan di lingkungan tempat tinggal manusia.

3.1 Pengembangan Alat

Tahap ini bertujuan untuk membuat rancangan tentang perangkat penelitian. Perangkat penelitian yang akan dibuat adalah sebuah generator frekuensi gelombang bunyi berbasis mikrokontroler arduino yang diintegrasikan dengan sensor arus dan sensor tegangan. Pembuatan alat peraga ini tidak hanya untuk

mengetahui pengaruh gelombang bunyi yang dibangkitkan oleh generator buzzer piezoelektrik akan tetapi juga akan diambil data mengenai relevansi hubungan antara besar arus serta tegangan terhadap besar nilai frekuensi bunyi yang dihasilkan oleh generator suara buzzer. Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah merangkai sistem elektrikal alat adalah menyusun seluruh komponen ke dalam box alat sehingga menjadi satu kesatuan alat pengusir hama tikus. Tikus yang digunakan yaitu tikus putih atau mencit (*Mus musculus*) jantan dan betina *strain* yang berumur 12 - 14 minggu dengan berat berkisar 19-25 gram. Setelah alat pengukur gelombang sudah jadi, maka alat tersebut divalidasi kepada tim ahli dari *Protechno Robotic School* Purworejo untuk kelayakan alat sebelum ujicoba laboratorium. Hasil validasi oleh tim ahli menghasilkan revisi perancangan alat sebagai berikut.

a) Revisi Perangkat Keras

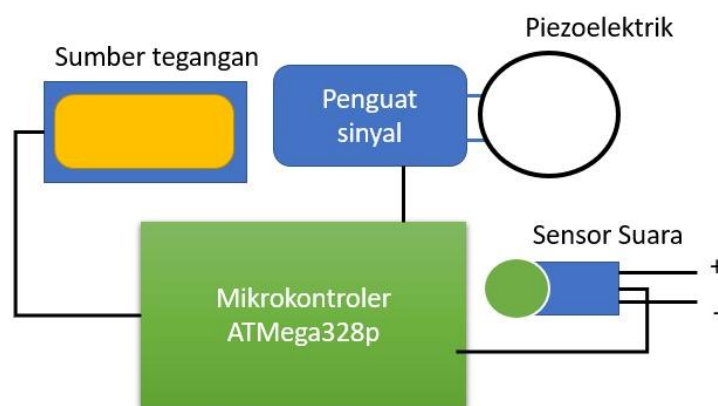
Revisi Perangkat Keras dilakukan dengan pengamatan bahwa konsep penentuan nilai frekuensi menggunakan sensor suara sangat tidak akurat. Upaya perbaikan dilakukan dengan membuang sensor suara tetapi buzzer sebagai komponen penghasil bunyi dibangkitkan dengan panduan trimpot sehingga bisa menghasilkan frekuensi suara dengan rentang 0-1023 Hz sesuai rentang pembacaan nilai analog pada trimpot.

b) Recode Pemrograman

Revisi koding pemrograman dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus dengan baik sesuai besarnya frekuensi yang diperdengarkan. Nilai 0-1023 sebagai nilai analog trimpot dijadikan sebagai acuan nilai frekuensi dengan menambahkan baris perintah: `tone(buzzer,value);`. Perintah `tone` akan menghasilkan bunyi buzzer dengan parameter `value` sebagai frekuensi. Nilai `value` diambil dari pembacaan nilai output trimpot sehingga nilai tersebut akan dikonversi menjadi besaran frekuensi.

Tahap penelitian uji coba laboratorium untuk revisi dilakukan untuk menguji kinerja generator buzzer apakah bekerja sebagaimana mestinya dan tingkat kesalahan hasil pengukuran sistem alat. Frekuensi buzzer dibangkitkan dengan rentang 0 – 1023 Hz lalu dilihat hasil pembacaan melalui serial monitor berapa nilai tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil pembacaan oleh sensor arus kemudian dikomparasi dengan multimeter digital untuk dilihat hasil perbedaannya. Setelah itu, selisih pembacaan alat dan multimeter dihitung kemudian ditentukan nilai error dari setiap pembacaan. Akhirnya, akan didapatkan nilai % error alat yang akan digunakan untuk menentukan apakah alat layak digunakan atau tidak berdasarkan skala yang telah ditentukan. Berdasarkan revisi dari tim ahli tersebut maka *Buzzer* Generator Frekuensi perlu diperkuat dengan Piezoelektrik untuk menghasilkan rentang frekuensi ultrasonik yang dapat ditangkap oleh pendengaran tikus putih/mencit.

Skema alat gelombang dengan *Buzzer* Generator Frekuensi dan diperkuat menggunakan Piezoelektrik dapat dilihat pada Gambar 3.

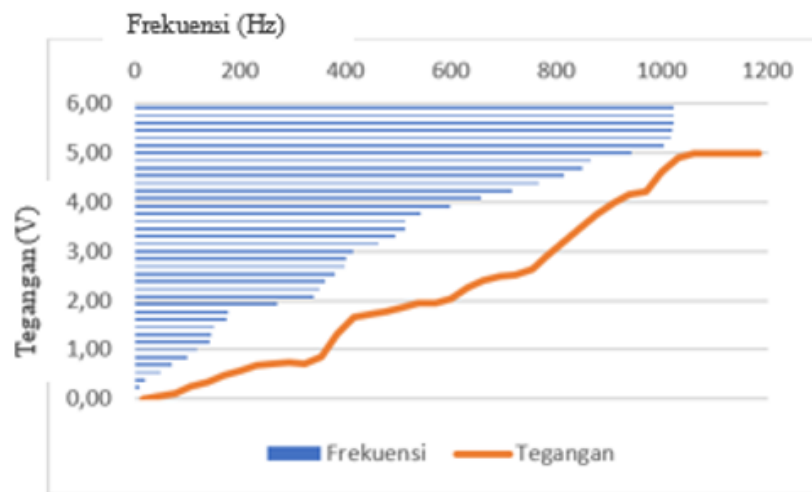


Gambar 3 Skema alat gelombang *buzzer* frekuensi dengan piezoelektrik

3.2 Hasil Uji Coba Laboratorium

Uji komparasi alat pertama dilakukan dengan multimeter digital untuk rentang frekuensi 0-1200 Hz ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik menunjukkan bahwa alat berhasil membangkitkan buzzer dengan frekuensi sangat baik. Setiap pergerakan nilai frekuensi terlihat berpengaruh pada nilai tegangan juga arus. Kesimpulan. Alat memberikan nilai tegangan dan arus berdasarkan input frekuensi yang diberikan.

Dengan memperhitungkan nilai selisih dengan penggunaan alat ukur multimeter digital, maka didapat nilai rerata *error* alat sebesar 1,22% untuk pembacaan nilai tegangan dan 12,8% untuk pembacaan nilai arus.



Gambar 4 Grafik hubungan tegangan (V) dan frekuensi generator (Hz)

Ujicoba selanjutnya dilakukan dengan melihat keluaran frekuensi dari alat dan membandingkannya dengan alat ukur frekuensi meter sebagai pembanding milik DAQ Sensor. Hasil komparasi ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Hasil uji komparasi frekuensi antara alat dengan frequency meter DAQ

Frekuensi (KHz)	Pengukuran dengan DAQ Sensor					Rerata	Selisih	Error (%)
	1	2	3	4	5			
30	32	33	33	33	32	3,6	2,6	0,09
40	44	44	42	43	43	43,2	3,2	0,08
60	62	61	62	63	63	62,2	2,2	0,04
80	82	82	82	83	81	82,0	2,0	0,03
100	102	102	101	102	103	101,6	1,6	0,02
Rata-Rata								0,05

Pada Tabel 1 didapatkan data bahwa variasi frekuensi mempunyai tingkatan kesalahan (*error*) yang bervariasi tapi jika dilihat lebih seksamanya, semakin tinggi frekuensi semakin kecil pula nilai *error*. Namun untuk secara keseluruhan dari data yang diambil bisa kita dapatkan rerata *error* pada alat sebesar 0,05 %. Selain uji sistem pada frekuensi, pada tahap ini juga dilakukan uji komparasi terhadap arus dan tegangan yang mengalir ke buzzer generator apakah ada pengaruhnya terhadap besar atau kecilnya nilai frekuensi yang dihasilkan. Uji komparasi ini dilakukan dengan multimeter pada rentang frekuensi tertentu untuk tegangan dan hasil perhitungan oleh sensor pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Komparasi Tegangan

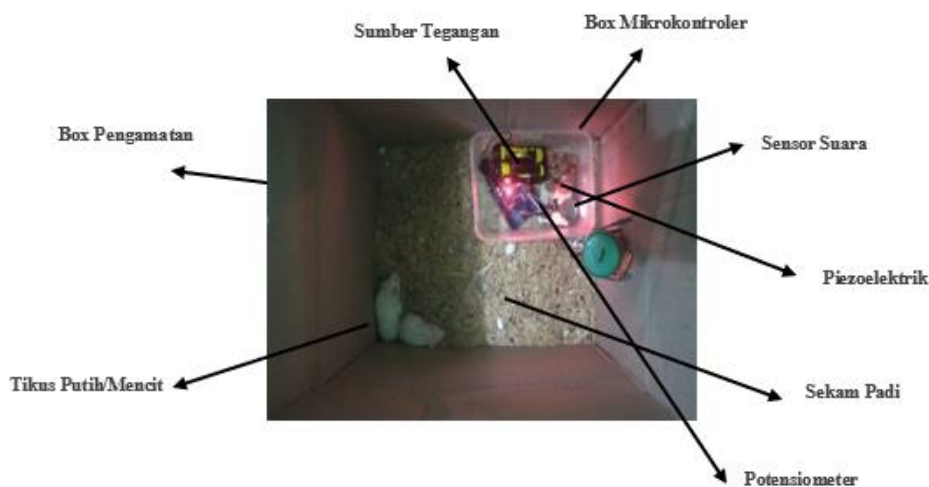
Tegangan (mV)	Pengukuran dengan Voltmeter					Rerata	Selisih	Error (%)
	1	2	3	4	5			
2480	2490	2495	2490	2490	2490	2491	9	0,04
2480	2500	2500	2490	2490	2490	2494	6	0,03
2480	2490	2485	2485	2490	2490	2488	12	0,05
2480	2504	2490	2490	2490	2490	2492	8	0,04
Rerata Error								0,06

Keterangan:

Frekuensi 30 kHz ■ Frekuensi 40 kHz ■ Frekuensi 60 kHz ■ Frekuensi 80 kHz ■

Dari Tabel 2 di atas dapat kita ketahui bahwa setiap pengukuran memiliki tingkatan error yang bervariasi. Dari tabel data di atas dapat diketahui dengan nilai besaran frekuensi yang berbeda memang ada perbedaan besar nilai tegangan yang mengalir namun perbedaannya tidak terlalu mencolok jauh dengan selisih $\pm 1-10$ mV. Nilai kesalahan (*error*) yang dihasilkan juga cukup variatif dengan rerata nilai kesalahan sebesar 0,06%.

Ujicoba selanjutnya adalah menguji alat dan melihat pengaruh besar frekuensi terhadap pergerakan secara visual hewan tikus. Dua tikus putih/mencit yang diletakkan dalam sebuah kardus dan diberi alas dari sekam padi agar tikus terasa nyaman seperti pada Gambar 3. Ujicoba ini melihat pada frekuensi berapakah tikus mulai terlihat terganggu dengan melihat tingkah laku yang diamati secara visual. Hasil uji coba ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Proses uji coba alat pada hewan tikus mencit

Hasil pengamatan uji coba alat terhadap mencit/tikus putih (*mus musculus*) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Uji coba alat pada tikus mencit (*mus musculus*)

Frekuensi (kHz)	Perilaku yang diamati	
	Tikus 1 (betina)	Tikus 2 (jantan)
30	Tidak terpengaruh	Tidak terpengaruh
40	Tidak terpengaruh	Tidak terpengaruh
50	Diam	Tidak terpengaruh
60	Gelisah	Gelisah
80	Menjauhi sumber	Menjauhi sumber
100	Menjauhi sumber	Menjauhi sumber

Dari ujicoba seperti yang diperlihatkan oleh Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi maka tikus semakin memperlihatkan gejala tidak nyaman dengan memperlihatkan gerakan seperti terdiam, gelisah, hingga berlari menjauhi sumber generator frekuensi.

Tahapan selanjutnya setelah dilakukan uji coba laboratorium adalah tahapan revisi dan evaluasi. Tahapan revisi dilakukan untuk mendapatkan penyempurnaan alat setelah diujicobakan dengan uji komparasi laboratorium. Adapun evaluasi yaitu menarik beberapa kesimpulan hasil penelitian bahwa alat peraga variasi frekuensi menggunakan generator buzzer ini layak digunakan dengan melihat data hasil uji komparasi sistem pada frekuensi didapatkan nilai kesalahan yang sangat kecil yaitu 0,05% kemudian pada uji komparasi sistem dengan besar rerata nilai kesalahan 0,06% dan 0,07% pada uji komparasi arusnya. Tahapan revisi dan evaluasi hasil penelitian untuk didapatkan produk akhir penelitian seperti gambar berikut ini.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan proses penelitian pengembangan alat yang telah dilakukan, untuk menghasilkan prototype alat uji variasi frekuensi berbasis arduino dilakukan dengan tahapan penelitian pengembangan alat yang mengadopsi model penelitian 4D Thiagarajan. Kelayakan alat uji variasi frekuensi berbasis arduino ini ditinjau dari hasil uji coba laboratorium dengan metode komparasi. Berdasarkan hasil uji coba laboratorium variasi besar hasil ukur memiliki selisih perbedaan nilai pada uji komparasi tegangan sebesar $\pm 1-10$ mV dan $\pm 1-10$ mA pada uji arus. Sedangkan pada uji kesalahan (*error*) untuk uji output sistem dengan keluaran berupa frekuensi suara audiosonik memiliki *error* sebesar 0.05%, pada uji komparasi nilai tegangan pada generator buzzer didapatkan *error* sebesar 0.6% dan pada uji komparasi arus memiliki *error* sebesar 0.07%. Jadi, berdasarkan perhitungan pada uji laboratorium alat termasuk dalam kategori layak untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriana, B.R., Amelia, E.N., Rahmah, L. and Aprilia, M.F. (2018), “Buser Tikus Dengan Mousetrap”, *Jurnal Program Kreatifitas Mahasiswa*, Vol. 02, pp. 70–76.
- Herdianto and Tarigan, A.. (2020), “Perancangan Pembangkit Gelombang Ultrasonic Variabel Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16”, *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi*, pp. 327–333.
- Ikhsan, M., Priyambodo, S., Nurmansyah, A., Hendarjanti, H. and Sahari, B. (2020), “Species diversity, abundance and damaged caused by rats in oil palm plantation in West and Central Sulawesi, Indonesia”, No. November 2022, doi: 10.13057/biodiv/d2.
- Kalimuthu, K., Tseng, L., Murugan, K. and Hwang, J. (2020), “applied sciences Ultrasonic Technology Applied against Mosquito Larvae”, *Applied Sciences*, pp. 1–15.
- Lubis, B.N.. (2018), *Efek Paparan Profilin Toxoplasma Gondii Terhadap Kadar Interleukin 10 Pada Tikus Rattus Novergicus Strain Wistar*, Universiata Brawijaya.
- Saragih, R.K., Martini and Tarwatjo, U. (2019), “Jenis Dan Kepadatan Tikus Di Panti Asuhan ‘X’ Kota Semarang”, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 7 No. 1, pp. 260–270.
- Saranya, K., Uva Dharini, P., Uva Darshni, P. and Monisha, S. (2019), *IoT Based Pest Controlling System for Smart Agriculture*, 2019 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Coimbatore, India, doi: 10.1109/ICCES45898.2019.9002046.
- Sugiyono. (2015), *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*, Alfabeta, Bandung.
- Trianto. (2009), *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*, Kencana Prenada Media Group, Jakarta.
- Zhao, Z., Ma, K. and Luo, Y. (2019), “Application of Ultrasonic Pulse Velocity Test in the Detection of Hard Foreign Object in Farmland Soil”, *2019 IEEE 4th Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, pp. 1311–1315.
- Zhou, Q., Bian, Y., Peng, Q., Liu, F., Wang, W. and Chen, F. (2019), “The effects and mechanism of using ultrasonic dishwasher to remove five pesticides from rape and grape”, *Elsevier*, Vol. 298.