

Implementasi Gelombang Ultrasonik untuk Mendeteksi dan Mengusir Hama Belalang

1st Evan Enggana Andika

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung Indonesia

evanengganaa@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Sony Sumaryo

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung Indonesia

Sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

3rd Hesty Susanti

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung Indonesia

hestysusanti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Hama adalah salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh manusia karena sifatnya yang merusak dan merugikan. Kerusakan yang disebabkan hama ini bermacam-macam, mulai dari kerusakan tanaman secara langsung karena dimakan oleh hama hingga kerusakan tanaman secara tidak langsung karena penyakit yang ditularkan oleh hama kepada tanaman. Masalah hama ini tentunya telah berusaha ditangani oleh para petani dengan cara-cara tradisional. Selain penanganan oleh para petani secara tradisional, beberapa pihak juga telah melakukan penelitian mengenai metode untuk menangani masalah hama yang menggunakan elektronika dalam penerapannya.

Berdasarkan permasalahan yang ada, yaitu hama dan bercermin dari penelitian-penelitian terkait, maka akan dirancang alat pendeteksi dan pengusir hama belalang yang mengimplementasikan gelombang ultrasonik. Sistem pendeteksian terdiri dari rangkaian sensor. Rangkaian pembangkit frekuensi akan digunakan untuk membangkitkan gelombang ultrasonik dan tweeter sebagai aktuator akan memancarkan gelombang ultrasonik. Selain itu, akan ditambahkan fitur pada alat ini yang penulis amati belum ada di penelitian sebelumnya adalah data frekuensi Multivibrator Astabil yang dapat ditampilkan pada LCD untuk dilihat oleh pengguna.

Hasil dari penelitian berupa alat pendeteksi dan pengusir hama berdimensi 21×14,5×10 cm. Sistem pendeteksian pada alat berjalan dengan sangat baik, dimana sensor HC-SR04 memiliki akurasi sebesar 99,989% dan sensor MAX4466 memiliki akurasi sebesar 99,995%. Selain itu, pembacaan Multivibrator Astabil yang dibaca oleh Arduino Uno dan ditampilkan oleh LCD memiliki akurasi sebesar 99,995%. Setelah alat ini diuji dengan objek berupa belalang, diketahui bahwa belalang bereaksi pada frekuensi ultrasonik dengan reaksi paling terlihat pada frekuensi 30-40 kHz.

Kata kunci : Belalang, Gelombang Ultrasonik, Multivibrator Astabil, HC-SR04, MAX4466, Tweeter, IC 555

I. PENDAHULUAN

Hama adalah salah satu permasalahan yang sering dihadapi oleh manusia karena sifatnya yang merusak dan merugikan. Kerusakan yang disebabkan hama ini bermacam-macam, mulai dari kerusakan tanaman secara langsung karena dimakan oleh hama hingga kerusakan tanaman secara tidak langsung karena penyakit yang ditularkan oleh hama kepada tanaman. Contoh kasus serangan hama terjadi pada tahun 2017, para petani di Kabupaten Majalengka, Jawa Barat mengalami gagal panen akibat serangan hama wereng

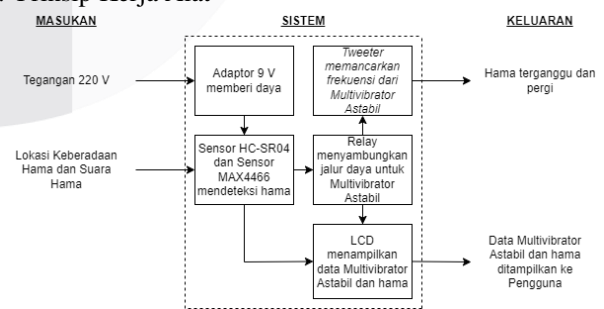
dan tikus[1]. Gagal panen ini menyebabkan petani hanya dapat memanen hasil separuh dari biasanya atau bahkan tidak dapat memanen sama sekali, menyebabkan kerugian sekitar puluhan juta rupiah per hektar.

Masalah hama ini tentunya telah berusaha ditangani oleh para petani dengan cara penyemprotan lahan dengan pestisida untuk hama serangga, atau menggunakan orang-orangan sawah untuk mengusir burung. Padahal, beberapa jenis hama dapat diusir dengan menggunakan gelombang ultrasonik, terlebih hama serangga seperti belalang[2]. Selain penanganan oleh para petani, beberapa pihak juga telah melakukan penelitian mengenai metode untuk menangani masalah hama. Alat-alat yang sudah dibuat dapat menangani hama dengan berbagai macam prinsip, baik dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk mengusir hama[3][4], atau menggunakan servo[5].

Alat yang akan dirancang dan dibuat ini mengimplementasikan gelombang ultrasonik untuk mengusir hama belalang yang dideteksi melalui beberapa sensor. Rangkaian pembangkit frekuensi akan digunakan untuk membangkitkan gelombang ultrasonik dan *tweeter* sebagai aktuator pemancar gelombang ultrasonik. Selain itu, akan ditambahkan fitur pada alat ini yang penulis amati belum ada di penelitian sebelumnya adalah data frekuensi keluaran yang dapat ditampilkan pada LCD untuk dilihat oleh pengguna.

II. KAJIAN TEORI

A. Prinsip Kerja Alat



GAMBAR 2.1

Desain Konsep Solusi

Pada Gambar 2.1 merupakan desain konsep solusi dari alat pendeteksi dan pengusir hama belalang yang akan diteliti.

B. Belalang

Belalang adalah salah satu hama yang dapat mengganggu sektor pertanian[2]. Hama belalang merugikan para petani dengan merusak padi dengan cara memakan padi tersebut. Selain itu, belalang juga kerap ditemukan di perkebunan atau bahkan pekarangan rumah. Kehadiran belalang di perkebunan dan pekarangan rumah tentunya juga merugikan jika dedaunan dari tanaman yang kita rawat rusak karena dimakan belalang tersebut. Salah satu jenis belalang yang sering ditemukan merusak tanaman adalah Belalang Kembara. Menurut beberapa penelitian, untuk mengusir hama belalang dapat digunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi di atas 20 kHz[4].

C. Gelombang Ultrasonik

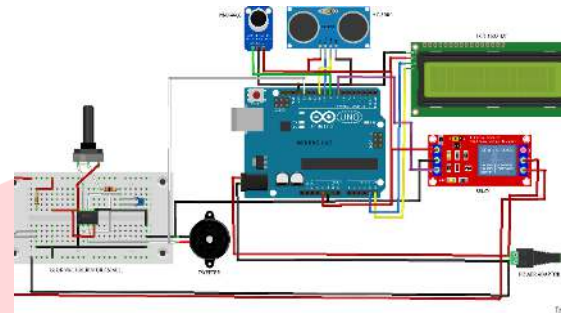
Gelombang ultrasonik adalah getaran dengan frekuensi yang lebih besar dari 20 kilohertz, atau bisa disebut berada di luar jangkauan pendengaran manusia. Banyak hewan yang memiliki kemampuan untuk menangkap dan mendengar gelombang ultrasonik, seperti kucing, anjing, kelelawar, belalang, tikus, lumba-lumba, dan paus. Walaupun manusia tidak dapat mendengar gelombang ultrasonik, ada banyak penerapan dari gelombang ultrasonik di kehidupan sehari-hari, mulai dari alat pembersih, sensor jarak, hingga untuk kebutuhan medis[6].

D. Multivibrator Astabil

Multivibrator Astabil adalah salah satu jenis Multivibrator yang keluarannya selalu beralih terus-menerus tanpa masukan tambahan di antara dua kondisi dengan jangka waktu tertentu. Jangka waktu ini ditentukan oleh nilai pada komponen Resistor dan Kapasitor pada rangkaian Multivibrator Astabil. Karena keluarannya selalu beralih antara dua kondisi, maka Multivibrator ini tidak stabil atau dapat disebut sebagai Multivibrator Astabil, Multivibrator ini sering juga disebut sebagai *Free Running Multivibrator*. Penerapan Multivibrator Astabil pada kehidupan sehari-hari meliputi peralatan radio, generator sandi morse, dan pengatur waktu[7].

Multivibrator Astabil yang membangkitkan frekuensi ultrasonik. Frekuensi ultrasonik yang dibangkitkan ini lalu dipancarkan oleh aktuator berupa *Tweeter*. Potensiometer digunakan untuk mengendalikan frekuensi yang dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil. LCD menampilkan keluaran sistem berupa keberadaan dari hama dan frekuensi yang dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil.

B. Desain Perangkat Keras



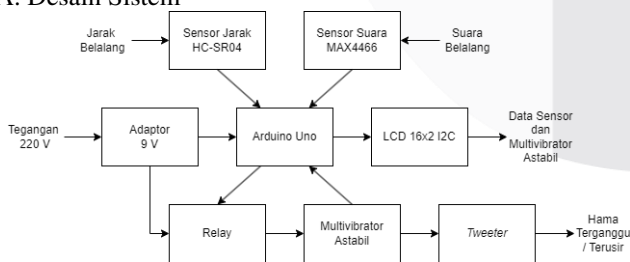
GAMBAR 3.2
Skema Rangkaian Sistem

Gambar 3.2 merupakan Skema Rangkaian Sistem. Pada skema tersebut ditunjukkan koneksi antar komponen. Sensor MAX4466 terhubung dengan Arduino Uno melalui pin digital 8, sedangkan sensor HC-SR04 terhubung dengan Arduino Uno melalui dua pin, yaitu pin digital 9 untuk pin *Trigger* pada sensor dan pin digital 10 untuk pin *Echo* pada sensor. Relay sebagai aktuator terhubung dengan Arduino Uno melalui pin digital 7. LCD 16x2 I2C yang menggunakan protokol komunikasi I2C terhubung dengan Arduino Uno melalui dua pin, yaitu pin analog 4 untuk SDA dan pin analog 5 untuk SCL. Kedua sensor, relay, dan LCD 16x2 I2C mendapatkan daya dari pin 5 volt Arduino Uno.

Selain komponen yang telah disebutkan di atas, ada juga Multivibrator Astabil yang terhubung dengan Arduino Uno melalui pin 13. Tidak seperti komponen lainnya, Multivibrator Astabil mendapatkan daya langsung dari adaptor yang jalurnya dapat terputus dan tersambung melalui relay. Arduino Uno sebagai pusat kendali keseluruhan sistem juga mendapatkan daya langsung dari adaptor. Komponen terakhir pada sistem adalah *Tweeter* yang terhubung dengan jalur keluaran dari Multivibrator Astabil.

III. METODE

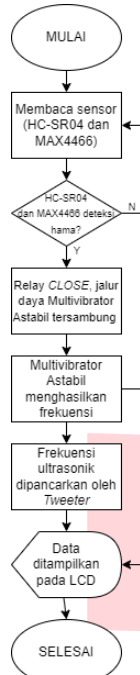
A. Desain Sistem



GAMBAR 3.1
Diagram Blok

Gambar 3.1 merupakan diagram blok dari keseluruhan komponen pada sistem. Adaptor memberi daya kepada Arduino Uno dan Relay. Lalu, sensor pada sistem terdiri dari dua sensor, yaitu sensor HC-SR04 dan sensor MAX4466. Kedua sensor akan memberikan hasil pembacaan keberadaan hama ke Arduino Uno yang selanjutnya akan mengaktifkan Relay tergantung hasil pembacaan tersebut. Relay yang aktif akan menyambungkan jalur daya dari Adaptor kepada

C. Desain Perangkat Lunak

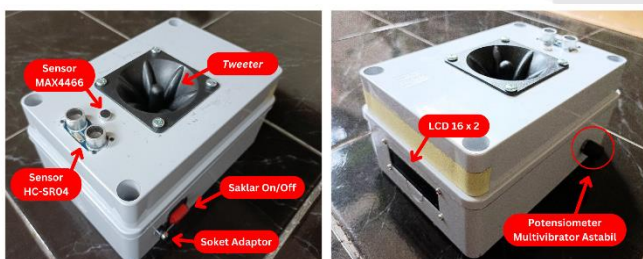


GAMBAR 3.3
Desain Perangkat Lunak

Dengan menggunakan diagram alir atau *flowchart* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3, maka dapat diketahui dengan mudah bagaimana algoritma dari sistem berjalan. Proses diagram alir dapat dijelaskan seperti berikut:

1. Sistem membaca sensor HC-SR04 dan sensor MAX4466.
2. Jika sensor HC-SR04 dan sensor MAX4466 mendeteksi pergerakan hama berdasarkan jarak dan suara dari hama, maka proses dilanjutkan ke dilanjutkan ke Relay masuk kondisi CLOSE yang. Jika tidak, maka proses tidak berubah.
3. Relay pada kondisi CLOSE akan menyambungkan daya ke Multivibrator Astabil.
4. Multivibrator Astabil yang mendapatkan daya akan membangkitkan frekuensi ultrasonik.
5. Frekuensi ultrasonik dipancarkan oleh tweeter.
6. Data keberadaan hama dari sensor dan nilai frekuensi yang dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil akan ditampilkan pada layar LCD 16x2.

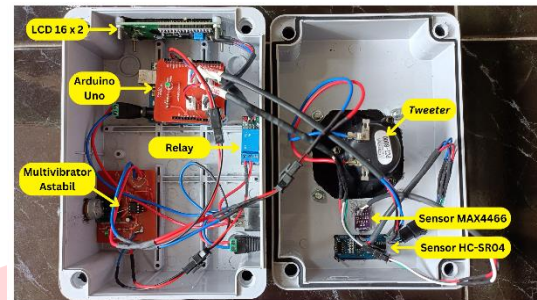
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



GAMBAR 4.1
Alat Bagian Luar

Gambar 4.1 merupakan realisasi alat pendeteksi dan pengusir hama belalang bagian luar. Ukuran dimensi alat adalah 21x14,5x10 cm. Pada bagian luar alat terdapat saklar,

port untuk adaptor daya, dua sensor pendeteksi, dan aktuator berupa *tweeter*. Selain itu, terdapat layar LCD 16x2 untuk menampilkan data dan Potensiometer untuk mengubah nilai frekuensi yang dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil. Untuk Multivibrator Astabil dan komponen lain yang berada di dalam alat ditampilkan pada Gambar 4.2.



GAMBAR 5.2
Alat Bagian Dalam

Gambar 4.2 merupakan tampilan alat bagian dalam. Pada alat bagian dalam terdapat berbagai komponen, seperti Arduino Uno sebagai pusat kendali alat, Multivibrator sebagai pembangkit frekuensi, Relay, dan perkabelan internal pada alat.

B. Pengujian Sensor HC-SR04

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor HC-SR04. Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai jarak yang dibaca oleh sensor HC-SR04 dengan jarak sesungguhnya. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sebuah penghalang berupa penggaris besi pada jarak-jarak tertentu yang akan diukur. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua puluh sampel setiap 5 cm dengan total jarak keseluruhan 100 cm. Hasil pengujian pembacaan sensor HC-SR04 dengan jarak sesungguhnya ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

TABEL 4.1
Pengujian Sensor HC-SR04

No.	HC-SR04 (cm)	Jarak Sesungguhnya (cm)	Error (%)
1.	5	5	0,000
2.	10	10	0,000
3.	16	15	0,067
4.	20	20	0,000
5.	26	25	0,040
6.	29	30	0,033
7.	35	35	0,000
8.	40	40	0,000
9.	46	45	0,022
10.	49	50	0,020
11.	55	55	0,000
12.	60	60	0,000
13.	65	65	0,000
14.	69	70	0,014
15.	75	75	0,000
16.	81	80	0,013
17.	85	85	0,000
18.	90	90	0,000
19.	95	95	0,000
20.	99	100	0,010
Rata-rata Error			0,011

Dari hasil data yang telah diambil menunjukkan bahwa persentase error dari perbandingan pembacaan sensor HC-SR04 dengan jarak sesungguhnya memiliki rata-rata sebesar 0,011%. Dengan kata lain, sensor HC-SR04 dapat membaca jarak dengan sangat akurat, yaitu 99,989% akurasi.

C. Pengujian Sensor MAX4466

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor MAX4466. Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan nilai frekuensi sampel suara yang dibaca oleh sensor MAX4466 dengan frekuensi sampel suara sesungguhnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan suara sampel dari YouTube yang selanjutnya dibaca oleh sensor MAX4466. Hasil pengujian pembacaan sensor MAX4466 dengan frekuensi suara sesungguhnya ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

TABEL 4.2
Pengujian Sensor MAX4466

No.	MAX4466 (Hz)	Frekuensi Sesungguhnya (Hz)	Error (%)
1.	226	223	0,013
2.	317	319	0,006
3.	442	451	0,020
4.	509	511	0,004
5.	603	603	0,000
6.	727	727	0,000
7.	813	823	0,012
8.	928	928	0,000
9.	1032	1047	0,015
10.	2298	2298	0,000
11.	2578	2578	0,000
12.	3352	3363	0,003
13.	3927	3927	0,000
14.	4289	4289	0,000
15.	5196	5205	0,002
16.	6178	6196	0,003
17.	7179	7179	0,000
18.	8769	8769	0,000
19.	9338	9408	0,007
20.	10000	10094	0,009
Rata-rata Error			0,005

Dari hasil data yang telah diambil menunjukkan bahwa persentase error dari perbandingan pembacaan sensor MAX4466 dengan frekuensi sesungguhnya memiliki rata-rata sebesar 0,005%. Dengan kata lain, sensor MAX4466 dapat membaca frekuensi dari sebuah suara dengan sangat akurat, yaitu 99,995% akurasi.

D. Pengujian Multivibrator Astabil

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui fungsi dari Multivibrator Astabil sebagai pembangkit frekuensi. Pengujian dilakukan dengan mengukur hasil pembacaan frekuensi Multivibrator Astabil menggunakan Arduino Uno dan Multimeter. Hal ini dilakukan karena data frekuensi Multivibrator Astabil akan ditampilkan pada LCD kepada pengguna. Hasil pengujian Multivibrator Astabil ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

TABEL 4.3
Pengujian Multivibrator Astabil

No.	Multivibrator Astabil (kHz)	Multimeter (kHz)	Error (%)
1.	3,215	3,212	0,001
2.	3,215	3,219	0,001
3.	3,61	3,622	0,003
4.	3,623	3,623	0,000
5.	3,69	3,621	0,019
6.	4,464	4,478	0,003
7.	4,464	4,484	0,004
8.	4,484	4,478	0,001
9.	5,524	5,53	0,001
10.	5,524	5,53	0,001
11.	7,462	7,45	0,002
12.	7,462	7,46	0,000
13.	11,36	11,39	0,003
14.	11,36	11,4	0,004
15.	15,3	15,34	0,003
16.	25	25,43	0,017
17.	25,64	25,4	0,009
18.	33,33	33,56	0,007
19.	41,66	42,13	0,011
20.	50	50,02	0,000
Rata-rata Error			0,005

Dari hasil data yang telah diambil menunjukkan bahwa persentase error dari perbandingan pembacaan frekuensi Arduino Uno dengan frekuensi sesungguhnya memiliki rata-rata sebesar 0,005%. Dengan kata lain, Arduino Uno dapat membaca frekuensi yang dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil dengan sangat akurat, yaitu 99,995% akurasi

E. Pengujian Sensor HC-SR04 terhadap Belalang

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kemampuan sensor HC-SR04 untuk mendeteksi belalang. Pengujian dilakukan dengan meletakkan belalang pada jarak 50 cm dan 100 cm. Agar belalang tidak terlalu banyak bergerak saat dilakukan pengujian ini, maka digunakan belalang yang sudah mulai lemas atau mati. Selain itu juga digunakan lakban bening agar belalang tidak bergerak. Keberhasilan pengujian diindikasikan oleh alat yang mampu membaca jarak belalang. Hasil pengujian pembacaan sensor HC-SR04 terhadap belalang ditunjukkan pada tabel dan grafik di bawah ini:

Tabel 4.4 Pengujian Sensor HC-SR04 terhadap Belalang

No.	Jarak Belalang (cm)	Hasil Deteksi
1.	50	Terdeteksi
2.	100	Terdeteksi

Dari hasil data yang disajikan pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa alat dapat mendeteksi belalang dengan baik.

F. Pengujian Sensor MAX4466 terhadap Belalang

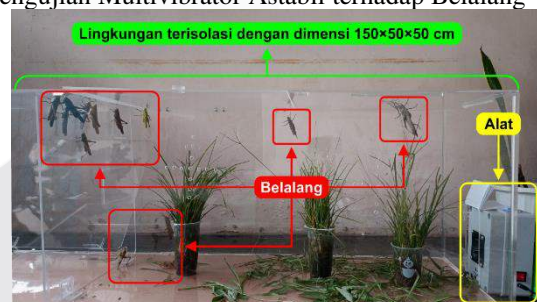
Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kemampuan sensor MAX4466 untuk menangkap suara belalang. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk mengetahui frekuensi suara belalang. Suara belalang yang digunakan adalah rekaman sampel suara belalang berjumlah dua sampel suara. Hasil pengujian pembacaan sensor MAX4466 terhadap dua sampel suara belalang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

TABEL 4.5
Pengujian Sensor MAX4466 terhadap Belalang

No.	Sampel Suara Belalang Ke-	Frekuensi Minimum (Hz)	Frekuensi Maksimum (Hz)
1.	1	1266	6366
2.	2	536	4234

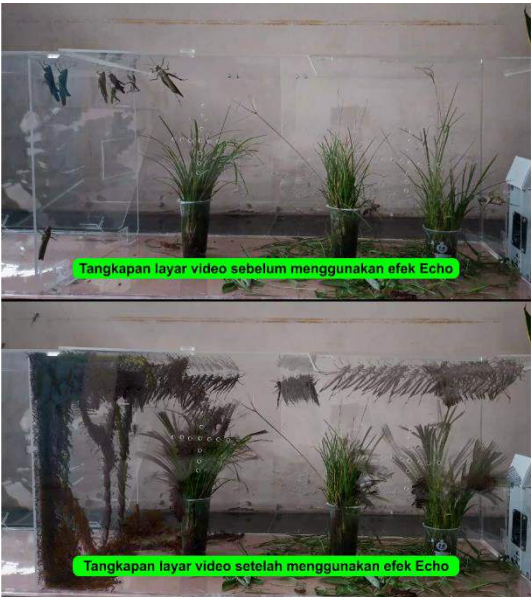
Dari data hasil pengujian yang didapat, untuk kedua sampel suara belalang, frekuensi terendah adalah 536 Hz dan frekuensi tertinggi adalah 6366 Hz.

G. Pengujian Multivibrator Astabil terhadap Belalang



GAMBAR 6.3
Pengujian Frekuensi Multivibrator Astabil terhadap Belalang

Gambar 4.3 menunjukkan kondisi alat, lingkungan uji, dan belalang sebagai objek uji. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui efek gelombang ultrasonik terhadap belalang. Gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil dan dipancarkan oleh aktuator berupa tweeter. Frekuensi uji berupa satu frekuensi di bawah frekuensi ultrasonik (15 kHz), satu frekuensi batas bawah frekuensi ultrasonik (20 kHz) dan dua frekuensi ultrasonik (30 dan 40 kHz). Pengujian dilakukan di lingkungan terisolasi dengan dimensi 150x50x50 cm. Menyesuaikan dengan lingkungan eksperimen, jarak uji yang digunakan adalah 50 cm dan 100 cm.



GAMBAR 7.4
Pengaplikasian Efek *Echo* pada Rekaman video Uji Frekuensi

Dikarenakan pergerakan dan respon belalang cukup lambat, maka pengujian dilakukan dengan cara menggunakan metode video timelapse selama 1 jam untuk setiap frekuensi uji. Video hasil rekaman tersebut lalu diedit dengan perangkat lunak Adobe Premiere Pro dan ditambahkan efek *Echo* untuk memperlihatkan jejak pergerakan belalang. Gambar 4.4 menunjukkan perbandingan sebelum dan setelah digunakannya efek *Echo*.

Pengujian berbagai frekuensi terhadap belalang dengan jarak 50 cm yang sudah diberi efek *Echo* ditunjukkan pada Gambar 4.5.



GAMBAR 8.5
Efek *Echo* Pengujian Frekuensi terhadap Belalang (50 cm)

Penjelasan hasil pengujian berbagai frekuensi terhadap belalang dengan jarak 50 cm ditunjukkan pada Tabel 4.6.

TABEL 4.6 Pengujian Frekuensi terhadap Belalang (50 cm)		
No	Frekuensi (kHz)	Reaksi Belalang
1	15	Kurang bereaksi
2	20	Bereaksi
3	30	Sangat bereaksi

4	40	Sangat bereaksi
---	----	-----------------

Dari data hasil pengujian yang didapat dan ditunjukkan pada Tabel 4.6, belalang kurang bereaksi saat dipaparkan kepada frekuensi 15 kHz yang merupakan frekuensi di bawah frekuensi ultrasonik. Reaksi belalang berupa pergerakan di dalam wadah eksperimen mulai muncul saat dipaparkan kepada frekuensi ultrasonik dengan reaksi yang kuat pada frekuensi 30 dan 40 kHz. Kategori reaksi yang terdiri dari Kurang bereaksi, Bereaksi, dan Sangat bereaksi dilihat berdasarkan pergerakan belalang.

Setelah pengujian dengan jarak 50 cm, dilakukan juga pengujian dengan jarak 100 cm yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.



GAMBAR 9.6
Efek *Echo* Pengujian Frekuensi terhadap Belalang (100 cm)

Penjelasan hasil pengujian berbagai frekuensi terhadap belalang dengan jarak 100 cm ditunjukkan pada Tabel 4.7.

TABEL 4.7 Pengujian Frekuensi terhadap Belalang (100 cm)		
No	Frekuensi (kHz)	Reaksi Belalang
1	15	Kurang bereaksi
2	20	Bereaksi
3	30	Sangat bereaksi
4	40	Sangat bereaksi

Dari data hasil pengujian yang didapat dan ditunjukkan pada Tabel 4.7, reaksi belalang terhadap beberapa rentang frekuensi sama seperti saat dilakukan pengujian dengan jarak 50 cm. Belalang kurang bereaksi saat dipaparkan kepada frekuensi 15 kHz yang merupakan frekuensi di bawah frekuensi ultrasonik, dan reaksi belalang mulai muncul saat dipaparkan kepada frekuensi ultrasonik dengan reaksi yang kuat pada frekuensi 30 dan 40 kHz.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada alat untuk mengetahui fungsi alat dan pada belalang untuk mengetahui pengaruh berbagai rentang frekuensi yang dipancarkan dari alat terhadap belalang, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat pendeteksi dan pengusir hama belalang yang memanfaatkan gelombang ultrasonik dalam penerapannya berhasil dirancang dan dibangun, dengan gelombang ultrasonik sebagai bagian dari mekanisme pengusiran belalang untuk pendeteksian digunakan dua sensor, yaitu sensor HC-SR04 dan sensor MAX4466.
2. Pembangkit gelombang ultrasonik yang dapat mengusir hama belalang berhasil dirancang dan dibangun. Gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh Multivibrator Astabil dan dipancarkan melalui tweeter, dengan nilai frekuensi yang dapat diatur menggunakan sebuah Potensiometer 50 kOhm.
3. Kedua sensor pendeteksi, yaitu sensor HC-SR04 dan sensor MAX4466 dapat bekerja dengan baik, dimana masing-masing sensor memiliki akurasi sebesar 99,989% dan 99,995%.
4. Pembacaan frekuensi yang dibangkitkan alat melalui Arduino Uno dan ditampilkan melalui LCD 16x2 memiliki akurasi 99,995% dibandingkan dengan nilai frekuensi aslinya.
5. Hasil pengujian beberapa rentang frekuensi terhadap belalang berhasil dilakukan dengan hasil berupa reaksi belalang yang ditunjukkan pada frekuensi ultrasonik, yaitu pada frekuensi 20, 30 dan 40 kHz. Reaksi paling terlihat pada frekuensi 30 dan 40 kHz.

B. Saran

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada alat untuk mengetahui fungsi alat dan pada belalang untuk mengetahui pengaruh berbagai rentang frekuensi yang dipancarkan dari alat terhadap belalang, terdapat beberapa saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Perlu ditambahkan fitur IoT agar alat dapat dipantau dari jauh.
2. Pendeteksian dapat menggunakan metode yang lebih baik seperti image recognition.
3. Daya alat dapat ditingkatkan dengan menggunakan baterai atau perpaduan baterai dan panel surya agar lebih portabel.
4. Untuk pembacaan frekuensi yang dihasilkan Multivibrator Astabil dan ditampilkan pada LCD sebaiknya menggunakan perangkat selain Arduino Uno agar pembacaan frekuensi tidak terlalu dibatasi oleh kemampuan Arduino Uno.
5. Aktuator berupa tweeter dapat ditingkatkan dengan menggunakan model tweeter yang dapat mengeluarkan frekuensi lebih dari 40 kHz (Respons Frekuensi lebih dari 40 kHz).

Pendeteksi dan Pembasmi Hama Wereng Berbasis Smartphone,” *Jurnal Scientific Pinisi*, vol. 3, no. 2, pp. 93–97, 2017, Accessed: Oct. 10, 2021. [Online]. Available:

<https://ojs.unm.ac.id/pinisi/article/view/4778>

- [4] D. Ratnawati and B. R. Setiadi, “Tecno-Pest Control Berbasis IoT Untuk Proteksi Tanaman Padi,” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 129–133, 2019, Accessed: Oct. 10, 2021. [Online]. Available:

<https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/1751>

- [5] R. Kresna, “Alat Pengusir Burung Di Sawah Menggunakan Nada Akustik,” Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, 2020. Accessed: Oct. 10, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/fastek/article/view/1765>

- [6] R. E. Berg, “Ultrasonics,” *Encyclopedia Britannica*. Accessed: Jan. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/ultrasonics>

- [7] D. Kho, “Pengertian Multivibrator Astabil (Astable Multivibrator) dan Cara Kerjanya,” *teknikelektronika.com*. Accessed: Jan. 05, 2023. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-multivibrator-astabil-astable-multivibrator-cara-kerjanya/>

REFERENSI

- [1] T. Purnawati, “Petani Gagal Panen Akibat Hama Wereng dan Tikus,” www.pikiran-rakyat.com. Accessed: Mar. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.pikiran-rakyat.com/jawa-barat/pr-01275157/semarangku>
- [2] J. Manullang, “PENGARUH FREKUENSI ULTRASONIK TERHADAP POLA PERILAKU BELALANG KUMBARA SEBAGAI PENGENDALI HAMA SECARA ELEKTRONIK.”
- [3] D. Pramana, D. P. Nugraha, and H. Prasetya, “ALTEKNO-DENHAWER: Alat Teknologi

