

PENGARUH FREKUENSI ULTRASONIK TERHADAP POLA PERILAKU BELALANG KUMBARA SEBAGAI PENGENDALI HAMA SECARA ELEKTRONIK

Jongga Manullang

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: pengaruh frekuensi pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara. Metode penelitian yang digunakan adalah yaitu metode observasional dan metode eksperimental. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis varians dengan rancangan faktorial dengan tiga faktor yang meliputi frekuensi, jarak sumber, dan lama pemaparan gelombang ultrasonik serta kombinasinya dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf signifikansi 5% dan uji Tukey. Temuan penelitian menunjukkan: frekuensi gelombang ultrasonik dapat menimbulkan perubahan pola perilaku gerak pasif akibat efek termal, efek kavitasi dan efek mekanik yang terjadi pada struktur jaringan sel belalang kumbara.

Kata Kunci: Frekuensi ultrasonik dan pola perilaku belalang kumbara.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang terletak di daerah tropis dengan dua musim yaitu: musim kemarau dan musim penghujan, mempunyai prioritas yang diarahkan kepada sektor pertanian dalam orientasi pertumbuhan ekonomi penduduknya (Anwar, 1994). Beberapa daerah di Indonesia yang mengandalkan sektor pertanian dalam perekonomian wilayahnya, kadang-kadang mengalami kegagalan di sektor pertanian. Hal ini disebabkan perubahan keadaan/lingkungan alam

seperti: Iklim, angin dan perubahan temperatur serta beberapa faktor penyebab lainnya: misalnya virus dan jamur penyakit tanaman, binatang pengerat, gulma (tumbuhan pengganggu), hama insekta/serangga.

Sebagai salah satu contoh kegagalan sektor pertanian di beberapa daerah di Indonesia adalah akibat adanya serangan hama belalang kumbara (*Locusta migratoria*). Beberapa daerah yang mendapat serangan hama belalang kumbara di Indonesia, misalnya di daerah Sumatera Utara khususnya di daerah Kabupaten Tanah karo, Kabupaten

Deli Serdang, daerah Kabupaten Tapanuli Utara dan Kabupaten Tapanuli Tengah. Daerah ini sering diganggu/diserang oleh adanya populasi hama belalang kumbara. Pada tahun 1999 serangan hama belalang kumbara ini sudah mencapai 9 kecamatan yang menyerang tanaman pangan (padi, jagung dan sayur-sayuran) dengan mencapai luas 4420 ha (Anonymous, 1999).

Upaya pengendalian populasi hama belalang kumbara oleh Pemerintah setempat maupun masyarakat/petani dilakukan dengan penyemprotan insektisida atau penangkapan dan perburuan secara massal dengan menggunakan bunyi-bunyian seperti bunyi kentongan, bunyi sirene, menggunakan bunyi dari knalpot sepeda motor untuk mengendalikan hama belalang kumbara ini.

Gelombang bunyi yang diterima dan ditafsirkan pusat pendengaran belalang kumbara, digunakan untuk menghasilkan bermacam-macam tanggapan yang meliputi: daya tarik seks, pertahanan wilayah, tanda bahaya, dan

perubahan lintasan terbang untuk mempertahankan kelompoknya. Gelombang bunyi yang digunakan untuk komunikasi di antara sesama belalang kumbara berada pada rentangan di atas frekuensi gelombang bunyi pendengaran manusia yaitu gelombang ultrasonik (Sales and Pye, 1974). Gelombang ultrasonik (*Ultrasonic waves*) merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi di atas 20 kHz yaitu daerah batas pendengaran manusia.

Pemaparan gelombang ultrasonik terhadap suatu medium tergantung pada kegunaannya dan penerapannya. Hasil penelitian dan eksperimen penggunaan dan penerapan pemaparan gelombang ultrasonik ini telah dilakukan oleh Dunn dan Fry (1971) melaporkan hasil eksperimen mereka tentang kerusakan sistem saraf pusat mamalia akibat pemaparan gelombang ultrasonik sehingga menimbulkan kombinasi efek termal, kavitasi dan efek mekanik (Sutiono, 1982).

Bertolak dari latar belakang masalah tersebut, rumusan masalah

yang menjadi bahan kajian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: apakah frekuensi gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal ini disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat elastisitas medium yang dilaluinya (Bueche, 1986). Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*Strain*) dan tegangan (*Stress*). Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik

melaluinya (Resnick dan Halliday, 1992).

Gelombang ultrasonik ini sering dipergunakan untuk pemeriksaan kualitas produksi di dalam industri. Di bidang kedokteran, frekuensi yang tinggi dari gelombang ultrasonik ini mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat, sehingga sering digunakan untuk diagnosis, penghancuran/destruktif, dan pengobatan (Cameron and Skofronick, 1978). Jika gelombang ultrasonik merambat dalam suatu medium, maka partikel medium mengalami perpindahan energi. Besarnya energi gelombang ultrasonik yang dimiliki partikel medium adalah: $E = E_p + E_k$, dengan: E_p = energi potensial (Joule) dan E_k = energi kinetik (Joule). Untuk menghitung intensitas gelombang ultrasonik perlu mengetahui energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik. Intensitas gelombang ultrasonik (I) adalah energi yang melewati luas permukaan medium 1 m²/s atau watt/m² (Cameron and Skofronick, 1978). Untuk sebuah permukaan,

intensitas gelombang ultrasonik (I) diberikan dalam bentuk persamaan:

$$I = 1/2VA^2 (2f)^2 = 1/2Z(A)^2$$

Keterangan:

ρ = massa jenis medium/jaringan (Kg/m³), f = frekuensi (Hz)

v = kecepatan gelombang ultrasonik (m/s²), V = volume (m³)

= amplitudo maksimum (m)

Z = ρv = impedansi Akustik (kg/m².s)

$\omega = 2\pi f$ = frekuensi sudut (rad/s)

Intensitas gelombang ultrasonik dihubungkan dengan amplitudo dan frekuensi dimana gelombang ultrasonik merambat membawa energi dari satu medium ke medium lainnya, energi yang dipindahkan sebagai energi getaran dari partikel ke partikel pada medium tersebut. Besarnya energi yang dibawa partikel tersebut adalah: $E = 1/2kA^2$ dengan; k = konstanta = $4\pi^2m/T^2 = 4\pi^2mf^2$; T = periode (s); A = amplitudo gerakanya (m); m = massa partikel pada medium (kg)

Kemudian:

$E = 2\pi^2mf^2A^2$; Jika: m = $\rho V = \rho S l = \rho S v t$ = massa (kg)

V = volume = luas x tebal = S l (m³)

S = luas permukaan penampang lintang yang dilalui gelombang (m²)

l = v t = jarak yang ditempuh gelombang dalam waktu t (m)

v = laju gelombang (m/s)

t = waktu (s)

Intensitas gelombang ultrasonik dihubungkan dengan jarak gelombang ultrasonik merambat membawa energi dari satu medium ke medium lainnya, energi yang dipindahkan sebagai energi getaran dari partikel ke partikel pada medium tersebut. Besarnya energi yang dibawa partikel tersebut adalah $E = 1/2kA^2$; Dengan; k = konstanta = $4\pi^2m/T^2 = 4\pi^2mf^2$; T = periode (s); A = amplitudo gerakanya (m) dan m = massa partikel pada medium (kg) sehingga diperoleh: $E = 2\rho^2mf^2A^2$. Gelombang ultrasonik mempunyai sifat memantul, diteruskan dan diserap oleh suatu medium/jaringan. Apabila gelombang ultrasonik ini mengenai permukaan jaringan, maka sebagian dari gelombang ultrasonik ini akan dipantulkan dan sebagian lagi akan diteruskan/ditransmisikan.

Mula-mula gelombang ultrasonik dengan amplitudo tertentu mengenai jaringan, kemudian gelombang ultrasonik tersebut akan dipantulkan permukaan jaringan.. Perbandingan amplitudo tekanan pantulan (R) terhadap amplitudo tekanan datang (A_o) bergantung pada impedansi akustik (Z) dari dua medium itu. Integrated Circuit disingkat IC merupakan sebagian unit pesawat/alat yang berfungsi tertentu di dalam proses kerjanya (Anonymous, 1999). IC merupakan sebagian unit pesawat biasanya terbuat dari rangkaian transistor, resistor, kondensator kecil dan dioda. Suatu rangkaian IC biasanya terdiri dari puluhan buah transistor dan resistor serta beberapa dioda dan kondensator kecil dirangkai menjadi suatu unit proses kerja dengan beberapa kaki terminal sampai puluhan kaki terminal.

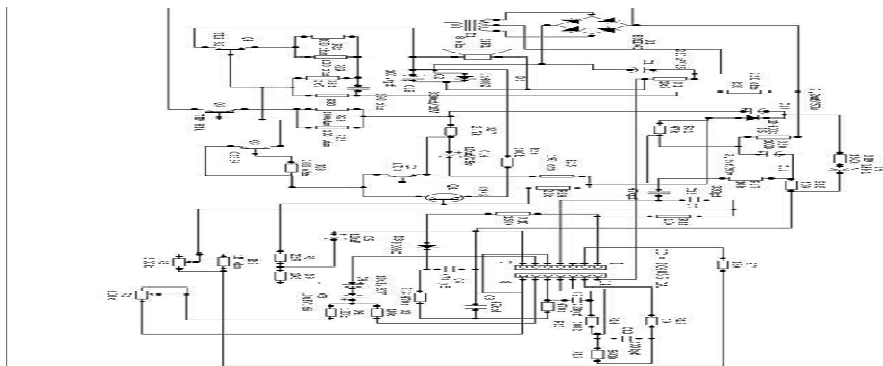
Tujuan pembuatan IC oleh pabrik adalah untuk menyederhanakan suatu rangkaian alat/pesawat, untuk mengurangi efek sampingan seperti cacat bunyi karena distorsi, rumitnya suatu rangkaian pesawat, dan sebagainya. Rangkaian

pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik terdiri 3 bagian utama, yaitu pembangkit gelombang persegi sederhana, sebuah penyangga (bufer) dan penguat pemancar pintu logika Nand. Rangkaian pembangkit gelombang sederhana terdiri dari 3 pintu logika Nand, sebuah resistor dan sebuah kapasitor.

Rangkaian ini menggunakan IC CMOS sebagai dasar rangkaian pembangkit gelombang persegi. Frekuensi-frekuensi digambarkan pada tegangan catu nominal 12 volt yang didasarkan pada resonansi rangkaian AC; Osilator, dan besar tegangan yang melalui suatu rangkaian seri RLC dinyatakan dengan persamaan: Pada frekuensi resonansi diperoleh bahwa $X_L = X_C$, sehingga impedansinya sama dengan resistif murni (R). Dengan adanya perubahan nilai resistor pada rangkaian akan mengalami perubahan tegangan sehingga akan mengalami perubahan frekuensi (Bueche, 1986). Pada rangkaian pembangkit gelombang persegi sederhana, nilai R minimal yang diperbolehkan adalah 22 k Ω . Agar dapat berfungsi sebagai osilator

gelombang persegi yang variabel atau berubah, maka R diganti dengan resistor tetap 22 kΩ yang dipasang berderet dengan potensiometer 1 MΩ serta diseri dengan sebuah switch untuk memperoleh satu frekuensi keluaran yang dibutuhkan. Rentangan keluaran frekuensi dari rangkaian pembangkit gelombang ultrasonik ini, diatur dengan

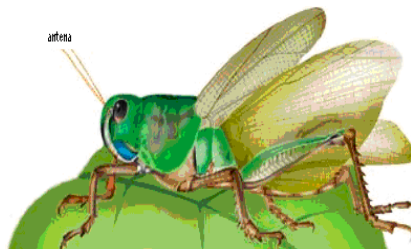
mengubah nilai R pada potensiometer. Hasil rentangan frekuensinya berada antara 20 kHz sampai 60 kHz. Model rangkaian pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik dari power supply, rangkaian pembangkit gelombang ultrasonik dan pemancar/transmitter seperti disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Model Rangkaian Pembangkit Frekuensi Gelombang Ultrasonik dengan Memakai IC

Tubuh belalang kumbara terbagi atas kepala, dada (toraks), dan perut (abdomen). Kepala belalang kumbara memiliki sepasang sungut, mata tunggal dan majemuk, serta

mulut yang terdiri dari bagian-bagian yang saling berhubungan. Bentuk struktur tubuh belalang kumbara ini ditunjukkan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Belalang Kumbara

Toraksnya memiliki tiga pasang kaki dan dua pasang sayap, perutnya bersegmen dan memiliki lubang-lubang kecil, atau spirakel yang menyebabkan udara dapat masuk ke dalam tubuh. Perilaku belalang kumbara dalam kehidupan dan perkembangan koloni belalang kumbara, dikenal ada tiga fase, yaitu; *fase soliter*, *transien* dan *gregaria*. Perubahan fase tersebut yaitu: *Fase soliter* adalah suatu fase belalang kumbara yang hidup secara individu dan tidak merugikan. Pada keadaan lingkungan menguntungkan bagi kehidupan belalang kumbara maka perkembangbiakannya menjadi pesat, kemudian individu-individu belalang kumbara membentuk kelompok kecil. beberapa kelompok tersebut kemudian bergabung menjadi kelompok yang cukup besar dan disebut *fase transien*. Fase transien dapat berkembang menjadi kelompok belalang kumbara dalam jumlah besar yang disebut *fase gregaria* atau *migratoria* dengan kemampuan merusak tanaman yang luar biasa.

Apabila keadaan lingkungan tidak menguntungkan bagi

kehidupan belalang kumbara terutama karena pengaruh curah hujan, tekanan musuh alami atau tindakan manusia melalui usaha pengendalian, maka kelompok yang besar menjadi kelompok kecil dan akhirnya kembali hidup terpisah secara individu sebagai *fase soliter*. Beberapa perbedaan bentuk dan perilaku yang menonjol adalah : nimfa dan belalang kumbara dewasa fase soliter berwarna agak hijau, tetapi fase gregaria berwarna jingga dengan bagian atas hitam. Pada fase soliter bentuk punggung di belakang kepala (*pronotum*) belalang kumbara dewasa maupun nimfa lebih menonjol/menyembul, ukuran badannya lebih besar, nimfa dan imago tidak berkelompok dan tidak bermigrasi, stadium nimfa lebih lama, belalang dewasa hidup lebih lama, dan selang waktu bertelur lebih lama daripada fase gregaria.

Sebagai tanda bahwa belalang kumbara jantan telah mencapai masak kelamin adalah sekali-sekali mengerik sambil mendekati ke arah betina. Belalang kumbara dapat kawin beberapa kali. Kawin pada umumnya terjadi pada malam hari

yaitu mulai sore hingga pagi hari. Lamanya kawin rata-rata 11 jam yaitu berkisar antara 1 sampai 21 jam. Belalang kumbara dapat bertelur 5 sampai 9 kali. Telur diletakkan dalam bentuk paket telur di dalam tanah, rata-rata sedalam 62 mm dan permukaannya ditutup dengan tanah dengan menggunakan tungkai belakangnya.

Proses peletakan telur berlangsung selama satu jam. Dalam proses peneluran belalang kumbara dapat memanjangkan abdomennya sampai dua kali. Tanah yang gembur dan lembab lebih disukai untuk bertelur. Pada siang hari belalang kumbara dewasa aktif terbang, namun kadang-kadang turun dan hinggap lalu makan tumbuhan yang dihindapinya. Pada senja, malam hingga pagi belalang kumbara dewasa tidak terbang (hinggap) dan makan tumbuhan yang dihindapinya. Kelompok nimfa selalu berpindah dari satu tempat ke tempat lain sambil memakan tumbuhan yang dilewatinya. Selain itu nimfa memakan tumbuhan yang menjadi tempat bertengger pada waktu sore, malam dan pagi sebelum

bermigrasi. Tanaman yang dihindapinya dan dimakan oleh belalang kumbara dalam jumlah besar pada umumnya rusak atau habis dalam waktu yang sangat singkat.

Hasil pemeliharaan belalang kumbara pada tanaman makanan campuran jagung, padi dan rumput di Sumba Timur menunjukkan bahwa banyaknya paket telur yang diletakkan oleh setiap betina rata-rata 6 sampai 7 paket, dan tiap paket rata-rata berisi 40 butir. Sehingga tiap betina mampu meletakkan telur sebanyak 268 butir. Hasil penelitian lain diketahui bahwa belalang kumbara betina bertelur paling banyak 9 kali dengan interval bertelur antara 6 sampai 9 hari. Seekor belalang kumbara dapat bertelur sebanyak 200 sampai 270 butir, tetapi dapat pula mencapai 300 butir dan sebanyak-banyaknya 500 butir (Anonymous, 1999).

Belalang kumbara hidup di daerah tertentu, pada vegetasi padang rumput dan keadaan iklim yang cukup kering. Di daerah Kotawaringin Barat dan Ketapang perkembangan populasi belalang

kumbara didukung oleh keadaan iklim dan cuaca yang cukup kering, juga karena tersedianya makanan yang berlimpah yaitu berupa alang-alang terutama daun-daun muda yang tumbuh dari rimpang merupakan makanan yang lebih baik bagi nimfa dan belalang kumbara dewasa sehingga dapat mempertinggi daya bertahan hidupnya (Lorensius, 2001).

Belalang kumbara yang hanya mendapatkan makanan tunggal berupa alang-alang akan menghasilkan populasi yang rendah, tetapi karena belalang kumbara juga memakan tanaman budidaya (padi dan jagung) dan rerumputan lainnya maka populasinya menjadi tinggi dan berkembangbiak lebih cepat. Belalang kumbara cenderung memilih makanan yang lebih disukai terutama jagung, padi, sorgum, tebu, gelabah, alang-alang dan rerumputan lain. Selain itu belalang kumbara dapat makan daun kelapa, bambu, kacang tanah, sawi, kubis daun. Sedangkan tanaman kacang hijau, kedelai, kacang panjang, ubi kayu, tomat, ubi jalar, dan kapas tidak disukai. Tanaman yang kurang disukai seperti kacang

tanah dapat dimakan sampai habis apabila dalam keadaan lapar (Anonymous, 1999).

Pengendalian hama belalang sebagai hama tanaman adalah semua organisme atau agensia biotik yang merusak tanaman atau hasil tanaman dengan cara-cara yang bertentangan dengan kepentingan manusia. Serangga, tungau, nematode, dan binatang lainnya yang merusak tanaman merupakan organisme pengganggu tanaman yang merugikan manusia (Adianto dan Soelaksono, 1987). Pada dasarnya pengendalian hama adalah pengendalian populasi hama agar tetap di bawah satu tingkatan atau kerugian ekonomi (Wudianto, 2002).

Strategi pengendalian hama bukanlah pemusnahan, pembasmian, atau pemberantasan, melainkan pembatasan aktivitas hama terhadap daya rusak tanaman. Hasil yang diharapkan dengan adanya pengendalian hama ini adalah memantapkan hasil yang telah dicapai oleh teknologi pertanian, mempertahankan kelestarian lingkungan, melindungi kesehatan produsen dan konsumen, menghemat

biaya produksi dan meningkatkan kesejahteraan petani (Anonimous, 1999).

Pada pelaksanaan pengendalian hama belalang dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu: teknik pengendalian secara biologis, teknik pengendalian secara mekanik, dan teknik pengendalian secara kimiawi. Teknik pengendalian secara biologis adalah pengendalian hama dengan menggunakan cara biologis, yaitu memanfaatkan musuh alami yang berupa parasitoid dan predator. Teknik pengendalian secara mekanis/elektrik adalah

pengendalian yang mengubah faktor lingkungan fisik menjadi di atas atau di bawah batas toleransi hama. Pada pengendalian ini hama diberantas atau dipindahkan secara langsung oleh manusia atau dengan bantuan alat. Teknik pengendalian secara kimiawi adalah pengendalian yang menggunakan pestisida dan bahan-bahan kimia yang bisa digunakan untuk pengendalian hama.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas dua bagian, yaitu metode observasional dan metode eksperimental dengan rancangan faktorial a x b x c.

$$Y_{ijk} = m + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + e(ijk)$$

Keterangan:

- Y_{ijk} = variabel respon karena pengaruh bersama taraf ke i faktor A, taraf ke j faktor B, dan taraf ke k faktor C yang terdapat pada pengamatan/unit perlakuan ke n
- m = efek rata-rata yang sebenarnya (nilai konstan)
- A_i = efek sebenarnya dari taraf ke i faktor A
- B_j = efek sebenarnya dari taraf ke j faktor B
- AB_{ij} = efek sebenarnya dari taraf ke k faktor C
- AC_{ik} = efek sebenarnya dari interaksi taraf ke i faktor A dengan taraf ke k faktor C
- BC_{jk} = efek sebenarnya dari interaksi taraf ke j faktor B dengan taraf ke k faktor C
- ABC_{ijk} = efek sebenarnya terhadap variabel respon yang disebabkan oleh interaksi antara taraf ke i faktor A, taraf ke j faktor B dan taraf ke k faktor C
- $e(ijk)$ = efek sebenarnya unit eksperimen ke i disebabkan oleh kombinasi perlakuan (ijk).
- F_0, R_0, T_0 = kontrol; i = 1, 2, 3, 4; (a) j (taraf frekuensi) = 1,2,3,4; (b) k (taraf jarak pemaparan) = 1, 2, 3, 4; (c) l (lama pemaparan) = 1, 2, 3, (n = r)

Model Tabel perlakuan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kumbara disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pola Perilaku Gerak Pasif Belalang Kumbara

Frekuensi (A)	
Fo	T
	FoTo(Kontrol)
F1	F1T1
F2	F2T1
F3	F3T1
F4	F4T1

Keterangan:

F = frekuensi gelombang ultrasonik.

Fo = 0 (kontrol), F1 = 40 khz, F2 = 45 khz, F3 =50 khz dan F4 = 55 khz.

T = lama pemaparan gelombang ultrasonik.

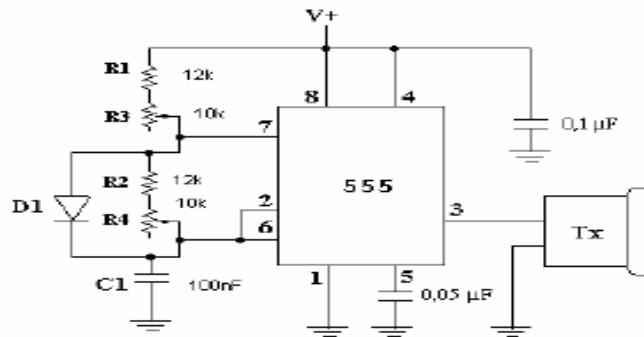
HASIL PENELITIAN

Deskripsi Hasil Penelitian

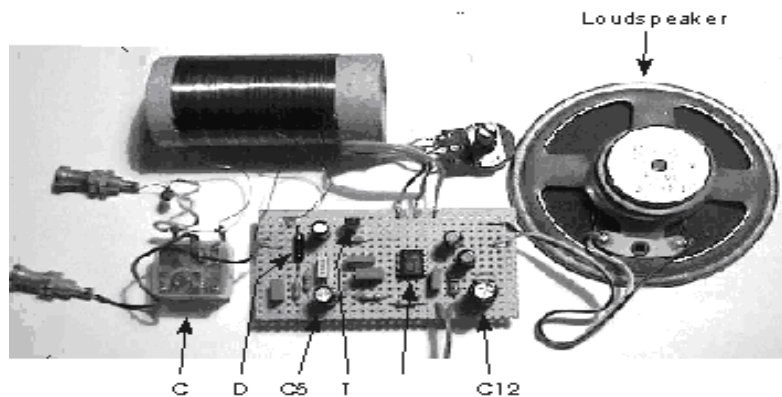
Deskripsi rancangan pembangkit ultrasonik

Pembangkit gelombang ultrasonik disusun oleh sebuah transduser ultrasonik yang diberi gelombang kotak dengan frekuensi sekitar 40 sampai dengan 60 KHz. Gelombang kotak dihasilkan oleh untai multivibrator yang disusun oleh IC 555 yang bekerja secara astable. Rangkaian pembangkit ultrasonik ditunjukkan gambar 3. Pada frekuensi resonansi diperoleh bahwa $X_L = X_C$, sehingga impedansinya sama dengan resistif murni (R).

Dengan adanya perubahan nilai resistor pada rangkaian akan mengalami perubahan tegangan sehingga akan mengalami perubahan frekuensi (Bueche, 1986). Rentangan keluaran frekuensi dari rangkaian pembangkit gelombang ultrasonik ini, diatur dengan mengubah nilai R pada potensiometer. Hasil rentangan frekuensinya berada antara 20 kHz sampai 60 kHz. Model rangkaian pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik dari power supply, rangkaian pembangkit gelombang ultrasonik seperti disajikan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Rangkaian Pembangkit Ultrasonik



Gambar 4. Prototype Pembangkit Frekuensi Ultrasonik

Pengaruh frekuensi gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara.

Pengujian dilakukan terhadap hipotesis statistik yang dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu F(n) = \mu S \quad ; \quad H_a : \mu F(n) \neq \mu S$$

Pernyataan hipotesis tersebut adalah:

- $H_a =$ Terdapat perbedaan Fekuenasi gelombang ultrasonik yang berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara.
- $H_0 =$ Tidak terdapat perbedaan Fekuenasi gelombang ultrasonik yang berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Perilaku Gerak Pasif Belalang Kumbara

Treatment	Jarak (cm)	Lama Pemaparan (jam)	Frekuensi (khz)	Jumlah Sampel (ekor)	Pola Gerak	
					Aktif	Pasif
1	So = 0	To = 0	Fo = 0	10	10	
	200	1	40		6	4
	200	1	45		5	5
	200	1	50		7	3
	200	1	55		5	5
2						
	200	1	40		5	5
	200	1	45		5	5
	200	1	50		7	3
	200	1	55		5	5
3						
	200	1	40		6	4
	200	1	45		5	5
	200	1	50		7	3
	200	1	55		5	5

Hasil analisis variansi rancangan faktorial dari Tabel 1 dari pengaruh frekuensi gelombang ultrasonik (F) terhadap pola gerak pasif belalang kumbara menunjukkan bahwa interaksi frekuensi gelombang ultrasonik yang berbeda memberi pengaruh yang bermakna terhadap pola gerak pasif belalang kumbara pada taraf signifikansi ($P < 0.05$) ini ditunjukkan dengan F hitung sebesar

5,14 dan F tabel 3,68 maka $F_h(5,14) > F_t(3,68)$. Dengan demikian H_a diterima dan H_o ditolak yang menyatakan bahwa frekuensi gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif dari belalang kumbara, maka dapat disimpulkan bahwa dalam mengendalikan populasi pergerakan belalang kumbara dapat digunakan frekuensi ultrasonik

Tabel 3. Analisis Varians Rancangan Faktorial

Sumber varians	SS	df	MS	F	P .05
Treatment	900	3	300	5.14	0.368
Error	466.6667	8	58.33		
Total	1366.6667	11			

Tabel 4. Pengaruh Frekuensi Pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Rata Rata Persentasi Pola Perilaku Gerak Pasif Belalang Kumbara.

Frekuensi (khz)	Rata rata (%)
F1 = 40	36,67
F2 = 45	50,00
F3 = 50	30,00
F4 = 55	55.00

Rata-rata perlakuan frekuensi gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara disajikan dalam Tabel 5.6. Dari Tabel 5.6 terlihat bahwa frekuensi (F) gelombang ultrasonik yang tertinggi diperoleh pada perlakuan F4 (frekuensi 55) yang memberi nilai (55 %) untuk pola perilaku gerak pasif belalang kumbara dan berbeda bermakna dengan perlakuan F1 (frekuensi 40 kHz), F2 (Frekuensi 45 khz) dan F3 (frekuensi 45 kHz). Dapat disimpulkan, bahwa perubahan frekuensi pemaparan akan memberi pengaruh yang berbeda kepada perilaku gerak dari belalang kumbara.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan analisis variansi menunjukkan bahwa besarnya frekuensi gelombang ultrasonik mempunyai pengaruh

terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara. Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz, 45 kHz, 50 kHz dan 55 kHz dengan jarak sumber 200 cm dan lama pemaparan gelombang ultrasonik 1 jam, setelah dilakukan uji analisis variansi untuk melihat interaksi antara tiap perlakuan, menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna ($P < 0.05$) untuk pola gerak pasif dan pengaruh perlakuan gelombang ultrasonik pada frekuensi 55 kHz, jarak sumber 200 cm dan lama pemaparan gelombang ultrasonik 1 jam sudah memberikan pengaruh yang bermakna terhadap pola gerak pasif belalang kumbara, ini ditunjukkan presentase rata rata perilaku pasif sebesar 55%. Sedangkan lama pemaparan selama 1 jam untuk frekuensi 50 khz memberikan pengaruh yang tidak

signifikan terhadap perilaku gerak belalang kumbara.

Hama belalang kumbara merupakan suatu masalah yang banyak menimbulkan kerugian di sektor pertanian. Serangan hama belalang kumbara ini berdampak terhadap kehidupan petani di beberapa daerah di Indonesia. Oleh karena itu, upaya pengendalian hama belalang kumbara perlu ditingkatkan cara mengatasinya supaya penghasilan ekonomi di sektor pertanian ini tidak tertinggal dengan daerah-daerah di Indonesia lainnya. Pendetayagunaan gelombang ultrasonik untuk tujuan pengendalian hama belalang kumbara merupakan suatu metode mekanis disamping metode kimia dan biologis. Metode mekanis ini merupakan suatu konsep fisika dengan pendekatan biofisika yang menggunakan prinsip gelombang untuk pengendalian dan mempunyai pengendalian yang ramah lingkungan dan tidak tercemar. Alat pembangkit gelombang ultrasonik untuk pengendalian hama belalang kumbara ini berfrekuensi dalam rentangan antara 20 kHz sampai 60

kHz, dan rentangan frekuensi ini masih dapat didengar oleh belalang kumbara, karena masih dapat mengeluarkan gelombang mekanis/bunyi (Cameron and Skofronick, 1978).

Pemaparan gelombang ultrasonik terhadap belalang kumbara merupakan pengaruh luar yang dapat mempengaruhi pola perilaku belalang kumbara. Pengaruh luar ini suatu konsep yang mendasar pada pengaruh fisika yang merupakan konsep gelombang mekanis/bunyi (Resnick dan Halliday, 1992) yang dapat menyebabkan perubahan pola perilaku pada belalang kumbara. Perubahan pola perilaku ini didasarkan pada perlakuan frekuensi dan intensitas yang dipancarkan oleh alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik terhadap belalang kumbara dan perlakuan jarak sumber serta lama pemaparan yang diberikan terhadap belalang kumbara. Pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap belalang kumbara dapat mempengaruhi struktur organ jaringan sel belalang kumbara

sehingga menimbulkan efek biologis pada belalang kumbara yaitu efek termal, efek kavitasi, dan efek mekanik. Dengan adanya efek biologis pada belalang kumbara tersebut akan mengakibatkan terjadi perubahan pola perilaku makan dan gerak yang pada akhirnya pola perilaku belalang kumbara tersebut menjadi bersifat pasif. Pola gerak pasif belalang kumbara kemungkinan lebih banyak disebabkan oleh efek mekanik daripada efek termal dan efek kavitasi karena kenaikan suhu jaringan sel akibat pemaparan gelombang ultrasonik sangat sedikit. Hal ini didukung hasil laporan eksperimen Hawley (1963) bahwa efek mekanik dapat merusak molekul sel jaringan lunak dan penurunan molekul DNA terjadi dengan menggunakan gelombang ultrasonik frekuensi 1 MHz berintensitas 30 W/cm² (Sutiono, 1982).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan tentang pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku

makan pasif dan gerak pasif belalang kumbara di laboratorium, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Frekuensi gelombang ultrasonik dapat menimbulkan perubahan pola perilaku gerak pasif akibat efek termal, efek kavitasi dan efek mekanik yang terjadi pada struktur jaringan sel belalang kumbara. Frekuensi 55 kHz memberikan pengaruh yang bermakna ($P < 0.05$) dengan jarak sumber 2 meter dan lama pemaparan gelombang ultrasonik 1 jam. Pada pola perilaku makan pasif memberikan nilai optimal 55 % dan pola perilaku gerak pasif memberikan nilai optimal 30% dan berbeda bermakna dengan frekuensi lainnya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan disarankan bahwa:

1. Diperlukan pengkajian perancangan alat pengendali secara ultrasonik secara lebih baik agar diperoleh jangkauan jarak yang lebih jauh.
2. Diperlukan penelitian lanjutan yang melibatkan

faktor faktor yang lain seperti lama pemaparan, jarak, suhu udara tentang pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik dengan perlakuan yang sama di lapangan untuk mengkaji pengaruh gelombang ultrasonik terhadap hama belalang kumbara sehingga diperoleh pengendalian yang efektif hasilnya.

3. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mengkaji pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik di lapangan dengan mahluk hidup lainnya dan faktor penghambat lainnya terhadap pengendalian hama belalang kumbara.

DAFTAR PUSTAKA

- Adianto dan Soelaksono S. 1987. *Ekotoksikologi Dan Pestisida*. Bandung: Pusat Antar Universitas Bidang Ilmu Hayati ITB, hlm 25-35.
- Anonimous. 1999. *Belalang Kumbara (Locusta migratoria) Dan Usaha Pengendaliannya*. Dirjen Tanaman Pangan Dan Hortikultura, hlm 17-25.
- Anwar A. 1994. *Pembangunan Pertanian dan Sistem Penyuluhan di Masa Depan*. Jakarta: Journal of Agricultural Extension, Departemen Pertanian, hlm 5 - 15.
- Bueche R. J. 1986. *Introduction to Physics for Scientists and Engineers*. New York: Mc Graw-Hill, pp 50-56.
- Cameron John R., and Skofronick James G. 1978. *Medical Physics*. New York: John Wiley & Sons Inc, pp 253-287.
- Dunn F., and Fry F. J. 1971. *Ultrasonic threshold dosages for the central mammalian nervous system*. IEEE Trans Bio Eng 18, pp 253.
- Lorensius Tatang. 2001. *Laporan Serangan Hama Belalang Kumbara di daerah Ketapang*. Ketapang: Tim Program Pemberdayaan Sistem Tani-Hutan Asli Pancur Kasih (PPSTA-PK). Ketapang: 24 Juni.
- Resnick R., dan Halliday D. 1992. *Fisika*. Penerjemah Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta: Penerbit Erlangga, hlm 656-693.
- Sales G., and D. Pye. 1974. *Ultrasonic Communication by Animals*. New York: John Wiley & Sons, Inc, pp 281-285.
- Sutiono B.T. 1982. *Studi Keamanan Penggunaan Gelombang Ultrasonik dalam Kedokteran*. Bandung: Fisika Institut Teknologi Bandung, hlm 24-43.