

## **BAB 6**

### **PEMBAHASAN**

#### **6.1. Pembangkit Gelombang Ultrasonik**

Hama belalang kembara merupakan suatu masalah yang banyak menimbulkan kerugian di sektor pertanian. Serangan hama belalang kembara ini berdampak terhadap kehidupan petani di beberapa daerah di Indonesia. Oleh karena itu, upaya pengendalian hama belalang kembara perlu ditingkatkan cara mengatasinya supaya penghasilan ekonomi di sektor pertanian ini tidak tertinggal dengan daerah-daerah di Indonesia lainnya.

Pendayagunaan gelombang ultrasonik untuk tujuan pengendalian hama belalang kembara 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 kembara ini berfrekuensi dalam rentangan antara 20 kHz sampai 60 kHz. dan rentangan frekuensi ini masih dapat didengar oleh belalang kembara, karena masih dapat mengeluarkan gelombang mekanis/bunyi (Cameron and Skofronick, 1978).

Pemaparan gelombang ultrasonik terhadap belalang kembara merupakan pengaruh luar yang dapat mempengaruhi pola perilaku belalang kembara. 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 kembara.

Perubahan pola perilaku ini didasarkan pada perlakuan frekuensi dan intensitas yang dipancarkan oleh alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik terhadap belalang kembara dan perlakuan jarak sumber serta lama pemaparan yang diberikan terhadap belalang kembara. Pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap belalang kembara dapat mempengaruhi struktur organ jaringan sel belalang kembara sehingga menimbulkan efek biologis pada belalang kembara yaitu efek termal, efek kavitasi, dan efek mekanik. Dengan adanya efek biologis pada belalang kembara tersebut akan mengakibatkan terjadi perubahan pola perilaku makan dan gerak yang pada akhirnya pola perilaku belalang kembara tersebut menjadi bersifat pasif.

## **6.2. Pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pengamatan Pola Perilaku Makan Pasif Dan Gerak Pasif Belalang Kembara**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh interaksi pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola makan pasif belalang kembara untuk pengendalian hama belalang kembara bergantung pada besarnya frekuensi, jarak sumber dan lama pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan.

Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz, 45 kHz, 50 kHz dan 55 kHz dan pengaruh jarak sumber 100 cm, 200 cm, 300 cm dan 400 cm serta pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam setelah dilakukan uji analisis variansi untuk melihat interaksi antara tiap perlakuan, menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna ( $P < 0.05$ ) untuk pola perilaku makan pasif dan pengaruh

pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz, jarak sumber 100 cm dan lama pemaparan gelombang ultrasonik 3 jam sampai 4 jam, sudah memberikan pengaruh yang bermakna terhadap pola perilaku makan pasif belalang kembara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan frekuensi, jarak sumber dan lama pemaparan gelombang ultrasonik untuk frekuensi 50 kHz dengan jarak sumber 100 cm menegaskan bahwa pola perilaku makan pasif belalang kembara selama lama pemaparan 3 jam sampai 4 jam cenderung bersifat pasif. Hal ini kemungkinan disebabkan bahwa alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz ini sudah mempengaruhi struktur organ jaringan sel belalang kembara yang mengakibatkan belalang kembara terganggu aktivitas makannya dan cenderung bersifat pasif.

Terganggunya aktivitas makan akibat pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz ini terhadap pola makan pasif belalang kembara disebabkan bahwa jarak sumber 100 cm terhadap belalang kembara sangat mempengaruhi struktur jaringan organ belalang kembara di bandingkan dengan jarak sumber pemaparan gelombang ultrasonik lainnya. Berdasarkan teori bahwa gelombang ultrasonik yang keluar dari sumber transduser pembangkit gelombang ultrasonik merambat keluar ke semua arah. Gelombang ultrasonik merambat keluar, energi yang di bawanya tersebar ke permukaan yang makin lama makin luas, karena merambat dalam arah arah tiga dimensi, maka luas permukaan penyebarannya merupakan luasan permukaan bola dengan radius  $r$  adalah  $4 \pi r^2$ .

Jika keluaran daya ( $P$ ) dari sumber pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik konstan, maka intensitas berkurang sebagai kebalikan dari kuadrat jarak dari sumber (persamaan 2.9). Misalnya jika kita ambil dua titik dengan jarak  $r_1$  dan  $r_2$  dari sumber pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik, maka  $I_1 = p/4 \pi r_1^2$  dan  $I_2 = p/4 \pi r_2^2$ . Dengan demikian, jika jarak digandakan misalnya ( $r_1/r_2 = 2$ ), maka intensitas menjadi  $1/4$  dari nilai mula-mula ( $I_2/I_1 = (1/2)^2 = 1/4$ ).

Demikian pula halnya, jika amplitudo gelombang ultrasonik berkurang terhadap jarak maka amplitudo gelombang ultrasonik menjadi mengecil sebesar  $1/r$ , karena intensitas sebanding dengan amplitudo maka akan sebanding dengan kebalikan dari kuadrat jarak (persamaan 2.11). Misalkan jika kita ambil dua jarak yang berbeda dari sumber transduser pembangkit gelombang ultrasonik  $r_1$  dan  $r_2$  maka ketika gelombang ultrasonik dua kali lipat lebih jauh dari sumber transduser, amplitudo akan menjadi setengahnya (Giancoli, 1998). Jadi semakin dekat jarak sumber yang diberikan terhadap belalang kembara semakin besar pengaruh perubahan pola perilaku makan pasif dihasilkan. Pada keadaan jarak sumber 100 cm ini, belalang kembara yang dalam keadaan tidak makan tersebut cenderung kondisinya berkelompok atau berkumpul. Hal ini terjadi karena gelombang ultrasonik sudah sangat mempengaruhi struktur jaringan organ selnya sehingga belalang kembara cenderung perilakunya menjadi pasif dalam posisi berkelompok.

Pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap belalang dapat mempengaruhi struktur jaringan organ sel belalang kembara yang mengakibatkan belalang kembara pola perilaku makannya

menjadi pasif, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lama pemaparan 3 jam sampai 4 jam memberikan pengaruh yang bermakna terhadap pola perilaku makan pasif belalang kembara. Berdasarkan teori bahwa gelombang ultrasonik merambat membawa energi dari satu medium ke medium lainnya. Energi yang dipindahkan sebagai energi getaran dari partikel ke partikel pada medium tersebut. Banyaknya energi yang dibawa partikel tersebut tiap satuan waktu merupakan daya yang diberikan oleh gelombang ultrasonik kepada suatu medium (persamaan 2.6). Jadi semakin lama waktu pancaran gelombang ultrasonik terhadap suatu medium, semakin banyak medium/jaringan tersebut menerima energi dari gelombang ultrasonik (Giancoli, 1998). Dengan demikian semakin lama waktu pemaparan gelombang ultrasonik diberikan terhadap belalang kembara semakin besar energi gelombang ultrasonik yang diterima belalang kembara dan semakin besar diperoleh hasil perubahan pola perilaku makan pasif belalang kembara tersebut. Hasil penelitian tentang mekanisme lama pemaparan gelombang ultrasonik terhadap jaringan hidup telah dibuktikan beberapa percobaan, Wood dan Looneis (1931) melaporkan bahwa ikan, katak, binatang kecil lumpuh pada frekuensi gelombang mekanik 50 kHz dengan panjang gelombang 2,5 cm. Sedangkan sel-sel darah merah dalam larutan dapat hancur bila menerima gelombang ultrasonik dalam waktu cukup lama. Roman (1956) memberi perlakuan pada *Escherichia coli* dan *Azotobakter venelandi* dengan gelombang suara di dalam sebuah *raytheon magnetostractive oscillator* 10 kHz dalam waktu 10 menit dengan suhu 4 °C dengan pH 6,6 dan melaporkan adanya kerusakan sel (Sutiono, 1982). Umumnya gelombang ultrasonik untuk tujuan sterilisasi/membunuh bakteri yang tidak diinginkan

digunakan frekuensi 20 kHz sampai 1 MHz dengan lama pemaparan 30 menit (Oesman, 1988).

Pengaruh intensitas gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh alat pembangkit gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz ini, dapat juga mempengaruhi kerusakan jaringan organ sel belalang kembara yang mengakibatkan pola perilaku makan menjadi pasif. Hasil perhitungan teori dengan menggunakan persamaan 2.2 diperoleh intensitas gelombang ultrasonik yang datang pada jaringan lunak  $2,433 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$  dan intensitas gelombang ultrasonik yang direfleksikan/dipantulkan jaringan lunak diperoleh  $1,343 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$  serta intensitas gelombang ultrasonik yang ditransmisikan jaringan lunak diperoleh  $1,343 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$ . Sedangkan banyaknya pancaran gelombang ultrasonik dengan impedansi akustik udara ( $Z_{\text{udara}}$ ) lebih kecil daripada impedansi akustik air ( $Z_{\text{air}}$ ) pada frekuensi 50 kHz ini diperoleh dengan persamaan 2.13 untuk intensitas refleksi pada bidang batas sebesar 54,97 % dan persamaan 2.14 untuk intensitas yang ditransmisikan ke dalam air/ jaringan lunak sebesar 45,03 %. Intensitas yang dipakai dalam bidang kedokteran untuk diagnostik adalah frekuensi 1 MHz sampai 5 MHz dengan intensitas  $0,01 \text{ W/cm}^2$ , untuk pengobatan adalah ditingkatkan sampai  $1 \text{ W/cm}^2$ , sedangkan untuk merusak jaringan sel kanker intensitasnya  $1000 \text{ W/cm}^2$  (Oesman, 1988). Suatu berkas penyinaran dikatakan intensitas tinggi, jika intensitas maksimumnya paling sedikit  $10^3 \text{ W/cm}^2$  (Ackerman *et al.*, 1988).

Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz dengan jarak sumber pemaparan 100 cm dan lama pemaparan 3 jam sampai 4 jam yang mengakibatkan belalang kembara cenderung pola perilaku

aktivitas makannya terganggu kemungkinan disebabkan terjadinya efek termal yaitu absorpsi energi gelombang ultrasonik yang menyebabkan suhu jaringan meningkat. Kenaikan suhu pada jaringan ini, tergantung pada viskositas, massa jenis, dan impedansi jaringan, serta frekuensi gelombang yang diberikan. Ketergantungan besaran-besaran fisis ini di dalam teori dinyatakan pada persamaan 2.19, dan persamaan 2.20.

Gelombang ultrasonik yang melalui jaringan juga mengalami pengurangan energi, karena sebagian energinya diabsorpsi oleh jaringan akibatnya suhu jaringan meningkat (persamaan 2.16). Kenaikan suhu jaringan tergantung pada besar koefisien absorpsinya dan intensitas gelombang yang melaluinya (Sabbagha, 1980). Faktor-faktor yang mempunyai peranan penting atas kerusakan jaringan pada daging dan pembebasan asam lemak dipengaruhi adanya kenaikan suhu sehingga menimbulkan panas (Hadiwiyoto, 1993, Nurwantoro dan Djariah, 1994).

Kerusakan jaringan sel ini, dapat juga disebabkan adanya efek kavitasi yaitu terjadinya gelembung gas di dalam jaringan akibat penggunaan gelombang ultrasonik untuk pemanasan lokal dengan tekanan yang bervariasi, sehingga di dalam cairan tubuh terbentuk gelembung gas mikro. Besarnya variasi tekanan untuk pemanasan lokal akibat pemaparan gelombang ultrasonik secara teori dinyatakan dalam persamaan 2.21 dan 2.22. Gas di dalam gelembung mikro ini dapat memuai jika dilalui gelombang ultrasonik sehingga mengakibatkan difusi gas yang tidak seimbang (Sabbagha, 1980).

Ada dua macam kavitasi yang terjadi dari pemaparan gelombang ultrasonik ini, yaitu kavitasi stabil dan tidak stabil. Efek kavitasi stabil terjadi

jika gelembung gas mikro tumbuh sampai ukuran tertentu lalu beresonansi pada frekuensi gelombang ultrasonik. Amplitudo osilasinya jauh lebih besar daripada amplitudo getaran partikel di dalam zat cair sebelum ada gelembung gas mikro. Jaringan disekitar gelembung gas mikro ini mengalami tegangan (stress) yang sangat besar sehingga mengakibatkan kerusakan molekul dan membran sel. Efek kavitasi yang tidak stabil lebih merusak jaringan sel. Pada tekanan rendah, gelombang ultrasonik dengan intensitas tinggi mengakibatkan timbulnya gelembung kavitasi. Tekanan tinggi menyebabkan pecahnya gelembung, sehingga energi yang serupa dengan gelombang kejut mengakibatkan kerusakan jaringan sel (Sabbagha, 1980).

Hasil eksperimen dan percobaan dengan sel-sel darah merah, protozoa, bakteri dan algae, semuanya mempertegas bahwa sel-sel itu rusak oleh perobekan sel sebagai akibat langsung efek kavitasi. Perobekan ini dapat terjadi dengan beberapa cara yang saling erat hubungannya. Jika terjadi gelembung yang mengembang dan menghilang, akan terdapat gerakan yang amat hebat di dekat gelembung dan gerak yang lemah sejauh berapa diameter terhadap gelembung. Jadi bagian dinding didekat gelembung mengalami besar nisbi terhadap bagian membran sel yang lain (Sutiono, 1982).

Menurut Dunn dan Fry (1971), kerusakan jaringan sel akibat perlakuan gelombang ultrasonik ini, dapat disebabkan oleh salah satu dari efek ini atau kombinasinya yang dapat menimbulkan pelebaran pembuluh darah, merangsang aktivitas sel, peningkatan permeabilitas membran sel dan kapiler dan hasil eksperimen mereka tentang kerusakan sistem saraf pusat mamalia

akibat pemaparan gelombang ultrasonik sehingga menimbulkan kombinasi efek tersebut (Sutiono, 1982).

Hasil eksperimen dan percobaan tersebut menunjukkan bahwa jaringan sel-sel rusak disebabkan adanya perobekan mekanisme sebagai akibat langsung efek kavitasi. Umumnya efek kavitasi terjadi pada perubahan intensitas dan efek kavitasi stabil sudah dapat terjadi pada frekuensi diatas 40 kHz (Ackerman *et al.*, 1988, dan Sabbagha, 1980).

Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif belalang kembara merupakan pengaruh luar yang dapat menyebabkan perubahan struktur jaringan atau sel. Perubahan struktur jaringan atau sel terutama terjadi pada inti sel sehingga mengakibatkan kerusakan inti dan selanjutnya menyebabkan kematian sel. Kematian sel tersebut dapat dikatakan terjadi berdasarkan konsep *fisikomorfoseluler*, yaitu suatu konsep yang mendasar pada pengaruh fisika yang merupakan pengaruh luar yang dapat menyebabkan perubahan struktur jaringan sel pada tingkat seluler terutama pada inti sel yang diakibatkan oleh salah satu atau kombinasi efek termal dan efek kavitasi (Sabbagha, 1980).

Hasil penelitian dan analisis variansi menunjukkan bahwa pengaruh interaksi pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara untuk pengendalian hama belalang kembara bergantung pada besarnya frekuensi, jarak sumber pemaparan dan lama pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan.

Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz, 45 kHz, 50 kHz dan 55 kHz dan pengaruh jarak sumber 100 cm, 200 cm, 300 cm dan 400 cm serta pengaruh lama pemaparan gelombang ultrasonik

1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 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 50 kHz, jarak sumber 100 cm dan lama pemaparan gelombang ultrasonik 3 jam sampai 4 jam, sudah memberikan pengaruh yang bermakna terhadap pola gerak pasif belalang kembara

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan frekuensi, jarak sumber dan lama pemaparan gelombang ultrasonik untuk frekuensi 50 kHz dengan jarak sumber pemaparan 100 cm mempertegas bahwa pola gerak belalang kembara selama lama pemaparan 3 jam sampai 4 jam cenderung bersifat pasif. Hal ini kemungkinan disebabkan bahwa alat pembangkit gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz ini sudah sangat mempengaruhi jaringan sel saraf organ pendengaran belalang kembara sehingga pola komunikasinya terganggu yang mengakibatkan belalang kembara cenderung gerakannya menjadi pasif/ diam.

Terganggunya aktivitas gerak akibat pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz ini terhadap belalang kembara kemungkinan disebabkan terjadinya efek mekanik yaitu; gerakan partikel sehingga dapat menimbulkan percepatan partikel, getaran tekanan, tekanan pemancar, dan gaya gesek. Ketergantungan besaran besaran efek mekanik ini akibat pemaparan gelombang ultrasonik di dalam teori dinyatakan pada persamaan 2.25. Munculnya efek mekanik akibat adanya intensitas gelombang yang dipancarkan alat pembangkit gelombang ultrasonik dan kecepatan rambat gelombang di dalam jaringan. Kecepatan gelombang ultrasonik di dalam jaringan lunak merambat secara longitudinal dengan kecepatan rata-rata

sekitar 1.540 m/s (Cameron and Skofronick, 1978) dan efek mekanik ini terjadi pada semua tingkatan intensitas (Sabbagha, 1980).

Pola gerak pasif belalang kembara 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  $30 \text{ W/cm}^2$  (Sutiono, 1982).

Hasil penelitian, eksperimen dan studi tentang efek mekanik dapat mempengaruhi jaringan sel akibat pemaparan gelombang ultrasonik ini antara lain : Pengaruh mekanik berupa kompresi, distraksi, gravitasi, gelombang elektromagnetik dan gelombang ultrasonik dapat mempengaruhi aktivitas sel (Buckwalter *et al.*, 2000). Pengaruh mekanik berupa gelombang ultrasonik untuk mempercepat penyembuhan patah tulang telah dibuktikan 40 % lebih cepat (Rubin *et al.*, 2001). Pengaruh gelombang ultrasonik intensitas rendah pada fase inflamasi dibuktikan dengan peningkatan produksi PGE2 oleh sel osteoblas (Kokubu *et al.*, 1999). Studi pengaruh tekanan mekanik sampai tingkat molekuler pada kultur sel telah dikemukakan oleh Takahasshi (1997) dan gelombang ultrasonik intensitas rendah mampu mempengaruhi aktivitas sel jaringan ikat (Herle *et al.*, 2001).

Hasil penelitian untuk pola perilaku gerak pasif belalang kembara pada frekuensi 50 kHz, dengan bertambahnya lama pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap belalang kembara menunjukkan bahwa pola perilaku belalang kembara untuk pola gerak pasifnya yang lebih dominan

pada jarak sumber pemaparan satu meter dibandingkan dengan jarak sumber pemaparan yang lainnya. Hal ini disebabkan bahwa banyaknya energi yang dipancar suatu alat pembangkit gelombang ultrasonik tergantung pada besarnya jarak yang diberikan terhadap medium/jaringan yang menerima gelombang ultrasonik tersebut (Giancoli,1998) dan karena intensitas sebanding dengan amplitudo maka akan sebanding dengan kebalikan dari kuadrat jarak (persamaan 2.11). Dengan demikian semakin dekat jarak sumber yang diberikan terhadap belalang kembara semakin besar pengaruh perubahan pola perilaku gerak pasif yang dihasilkan. Pada keadaan ini juga, belalang kembara yang dalam keadaan tidak gerak/diam tersebut cenderung sifatnya berkelompok atau berkumpul. Hal ini terjadi karena gelombang ultrasonik yang diterima belalang kembara sudah sangat mempengaruhi organ jaringan sel pendengarannya sehingga pola komunikasinya terganggu yang mengakibatkan belalang kembara pola perilaku geraknya menjadi pasif/diam.

Intensitas gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh alat pembangkit gelombang ultrasonik pada frekuensi 50 kHz ini, dapat mempengaruhi kerusakan jaringan organ sel pendengaran belalang kembara yang mengakibatkan pola perilaku geraknya menjadi pasif. Besarnya intensitas yang dipancarkan alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik dari hasil perhitungan secara teori dengan menggunakan persamaan 2.2 diperoleh intensitas gelombang ultrasonik yang diterima belalang kembara adalah  $2,433 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$ . Jadi dengan intensitas gelombang ultrasonik sebesar  $2,433 \times 10^3 \text{ W/cm}^2$  sudah dapat mempengaruhi struktur jaringan sel pendengaran belalang kembara yang mengakibatkan pola perilaku gerak

menjadi pasif/diam. Hal ini sesuai dengan penggunaan gelombang ultrasonik bahwa kerusakan jaringan kanker digunakan intensitas gelombang ultrasonik sebesar  $10^3 \text{ W/cm}^2$  (Oesman, 1988).

Lama pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap belalang dapat juga mempengaruhi struktur jaringan organ sel pendengaran belalang kembara sehingga belalang kembara pola perilaku gerakannya menjadi pasif, hasil penelitian terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara menunjukkan bahwa lama pemaparan 3 jam sampai 4 jam memberikan pengaruh yang bermakna terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara. Berdasarkan teori bahwa gelombang ultrasonik merambat membawa energi dari satu medium ke medium lainnya. Banyaknya energi yang dibawa partikel tersebut tiap satuan waktu merupakan daya yang diberikan oleh gelombang ultrasonik kepada suatu medium (Giancoli, 1998).

Dengan demikian semakin lama waktu pemaparan gelombang ultrasonik diberikan terhadap belalang kembara semakin besar energi gelombang ultrasonik yang diterima belalang kembara dan semakin besar pengaruhnya terhadap organ jaringan sel pendengaran belalang kembara yang menyebabkan pola perilaku gerakannya menjadi pasif/diam karena pola komunikasinya terganggu.

Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara ini, beberapa kemungkinan disebabkan bahwa gelombang ultrasonik mempengaruhi morfologi sel sehingga mengalami perubahan fungsionalisasi sel yang terjadi lebih cepat. Pemaparan gelombang ultrasonik yang mengenai permukaan sel dapat mengaktifkan aktivitas sel. Pemaparan gelombang ultrasonik sama dengan

pemberian bentuk energi mekanik yang diteruskan ke jaringan biologis dengan frekuensi melebihi batas kemampuan pendengaran manusia, maka energi mekanik yang disebabkan gelombang ultrasonik dapat mengubah ikatan-ikatan molekul di dalam jaringan biologis sehingga mempengaruhi metabolisme sel. Pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan dengan waktu yang lama juga dapat menghambat aktivitas sel di dalam jaringan biologis.

Hasil pengamatan dari penelitian ini memperlihatkan juga, pada frekuensi gelombang ultrasonik 50 kHz ini ternyata ada belalang kembara jantan yang mengeluarkan bunyi-bunyian yang tujuannya untuk membangkitkan gairah seks belalang kembara betina untuk melakukan aktivitas perkawinan. Belalang kembara jantan bila ingin melakukan aktivitas dan proses perkawinan selalu mengeluarkan bunyi-bunyian untuk dapat menarik perhatian dan gairah seks belalang kembara betina (Kashoven, 1986). Hasil pengamatan tidak terjadi adanya proses perkawinan, belalang kembara jantan hanya berputar-putar mengelilingi belalang kembara betina dalam waktu sekitar 10 menit dan kejadian tersebut berlangsung sebanyak tiga kali pada saat lama pemaparan 2 jam dan selanjutnya belalang kembara jantan kemudian diam. Hal ini disebabkan pemaparan gelombang ultrasonik yang diberikan secara kontinu mempengaruhi organ syaraf pendengarannya sehingga pola komunikasi diantara sesama belalang kembara terganggu yang mengakibatkan proses perkawinan tidak dapat terjadi.

Hasil pengamatan setelah selesai pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara terdapat perbedaan dengan kelompok yang tidak mendapat perlakuan

gelombang ultrasonik (kontrol). Pola makan belalang kembara yang mendapat perlakuan gelombang ultrasonik cenderung berkurang dibandingkan belalang kembara yang tidak mendapat perlakuan gelombang ultrasonik. Sedangkan pola gerak belalang kembara terdapat perbedaan dengan kelompok belalang kembara yang tidak mendapat perlakuan gelombang ultrasonik (kontrol). Belalang kembara yang mendapat perlakuan gelombang cenderung aktivitas gerakannya menjadi pasif dan terkadang juga melakukan gerakan, kemudian akhirnya kembali diam.

Hasil penelitian pengendalian hama belalang kembara dalam skala laboratorium ini, terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif diperoleh bahwa frekuensi 50 kHz dengan jarak sumber pemaparan 100 cm dan lama pemaparan 3 jam sampai 4 jam sudah memberi pengaruh yang bermakna terhadap perubahan pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara. Sasaran ke depan setelah penelitian laboratorium terhadap pengendalian hama belalang kembara adalah penerapannya di lokasi terjadinya serangan hama belalang kembara.

Parameter- parameter yang perlu dikembangkan dari hasil penelitian laboratorium ini untuk penerapannya di lapangan adalah memodifikasi alat frekuensi pembangkit ultrasonik sehingga mempunyai jangkauan pancaran gelombang ultrasonik menjadi lebih jauh dari ukuran hasil penelitian di laboratorium. Dalam hal ini dilakukan dengan cara meningkatkan intensitas gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik, karena intensitas sebanding dengan amplitudo maka akan sebanding dengan kebalikan dari kuadrat jarak. Dengan demikian, peningkatan intensitas dari alat pembangkit frekuensi gelombang akan

mempengaruhi jarak pancaran gelombang ultrasonik terhadap hama belalang kembara.

Waktu lama pemaparan gelombang ultrasonik dapat dipersingkat waktunya menjadi lebih pendek dengan cara meningkatkan daya yang diberikan kepada belalang kembara yaitu dengan meningkat energi yang dipancarkan alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik karena banyaknya energi yang dibawa partikel tersebut tiap satuan waktu merupakan daya yang diberikan oleh gelombang ultrasonik kepada suatu jaringan/medium sehingga semakin besar daya yang berikan kepada belalang kembara semakin banyak energi gelombang ultrasonik yang diterima belalang kembara dan semakin cepat waktu yang dihasilkan untuk perubahan pola perilaku belalang kembara.

Dengan mengetahui parameter-parameter yang telah dikemukakan terhadap pengembangan alat pembangkit gelombang ultrasonik, maka sasaran pengendalian hama belalang kembara di lapangan atau dilokasi terjadi serangan hama belalang kembara dapat tercapai dan terpenuhi yang pada akhirnya dapat disosialisasikan kepada masyarakat/petani yang terkena serangan hama belalang kembara.

Sasaran penelitian ke depan berikutnya adalah mengkaji efek biologis akibat pemaparan gelombang ultrasonik terhadap belalang kembara terutama adanya efek termal, efek kavitasi dan efek mekanik yang ditimbul gelombang ultrasonik terhadap jaringan organ sel belalang kembara. Dengan mengetahui efek biologis dari pemaparan gelombang ultrasonik terhadap belalang kembara maka dapat dimanfaatkan untuk kepentingan berikutnya, baik untuk kepentingan bagi para peneliti maupun bagi kepentingan masyarakat.