

LAPORAN PENELITIAN



**PENGARUH FREKUENSI GELOMBANG ULTRASONIK
TERHADAP POLA PERILAKU GERAK BELALANG KUMBARA
SEBAGAI PENGENDALI HAMA PERTANIAN SECARA
ELEKTRONIK**

Oleh :

1. Drs. Maju Lumban Gaol, M.Pd
2. Drs. Yunizar Noor, M.Pd
3. Drs. Usman Sinaga
4. Dra. Rosnelly, M.Pd
5. Drs. Panahatan

Dibiayai dengan Dana Rutin Universitas Negeri Medan Tahun Sesuai
Dengan Kontrak Kerja Nomor : No.155/H33.8/KEP/PL/2008
Tanggal 14 April 2008

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
OKTOBER, 2008**

**HALAMAN PENGESAHAN
PROPOSAL PENELITIAN DANA RUTIN TAHUN 2008**

- 1. a. Judul penelitian : Pengaruh Frekuensi Gelombang Ultrasonik Terhadap Pola Perilaku Gerak Belalang Kumpara Sebagai Alternatif Pengendali Hama Pertanian Secara Elektronik.
- b. Bidang Ilmu : Elektronika Terapan
- c. Kategori Penelitian : Sains dan Teknologi
- 2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Maju Lumban Gaol, M.Pd
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laku
 - c. Golongan, Pangkat dan NIP : III/c, Penata Muda/ NIP.131765619
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Jabatan Struktural :
 - f. Fakultas/ Jurusan : Teknik/Pendidikan Teknik Elektro
 - g. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian UNIMED
- 3. Alamat Ketua Peneliti
 - a. Alamat Kantor/Telp. : Jl. Willem Iskandar Psr. V. K otak Pos 1589/6625971
 - b. Alamat Rumah/Telp. : Jl. AR.Hakim, Gg.Pendidikan No. 89 Medan/7346523
- 4. Jumlah Anggota Peneliti
 - a. Nama Anggota Peneliti I : Drs, Yunizar Noor, M.Pd
 - b. Nama Anggota Peneliti II : Drs. Usman Sinaga
 - c. Nama Anggota Peneliti II : Drs. Jadid Thamrin
 - d. Nama Anggota Peneliti II : Dra. Ronsnelly
- 5. Lokasi Penelitian : Laboratorium T.Elektro UNIMED dan MIPA
- 6. Kerjasama dengan Institusi Lain : _____
- 7. Lama Penelitian : ..3 bulan, dari bulan 6 s.d. bulan 10
- 8. Biaya yang Diperlukan : Rp. 3.000.000,- (Tiga juta rupiah)

Medan, Oktober, 2008

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik UNIMED
Drs. Abdul Hamid, M.Pd
NIP.131570419

Ketua Peneliti,

Drs. Maju Lumban Gaol, M. Pd.
NIP.13175619

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian UNIMED

Dr. Ridwan A. Sani
NIP. 131772614

ABSTRAK

Tim Peneliti (2008). Pengaruh Frekuensi Gelombang Ultrasonik Terhadap Pola Perilaku Gerak Belalang Kumbara Sebagai Pengendali Hama Pertanian Secara Elektronik. Laporan Penelitian Dana Rutin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh frekuensi pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kumbara. Dimana penelitian ini dilakukan pada belalang kumbara dengan sampel penelitian setiap perlakuan 10 ekor dengan tiga perlakuan.. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan desain rancangan faktorial (RAL) . Teknik analisis yang digunakan adalah analisis varian rancangan faktorial dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dengan menggunakan Uji-F, pengujian uji lanjut menggunakan uji Tuckey. Penelitian ini dilaksanakan di daerah pertanian Jl. Pendidikan No. 89 Medan.

Temuan penelitian menunjukkan Hasil analisis variansi rancangan faktorial 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 $F_h(5,14) > F_t(3,68)$. 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..

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur peneliti panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena kasih dan rahmadNya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang ditentukan. Dalam kesempatan ini peneliti menyampaikan banyak terima kasih kepada Bapak Rektor Universitas Negeri Medan yang telah memberikan dana dan kesempatan kepada peneliti untuk mengadakan suatu penelitian, begitu juga kepada ketua Lemlit dan bapak dekan Fakultas Teknik serta semua bapak ibu dosen pendidikan teknik elektro saya ucapkan banyak terima kasih.

Peneliti menyadari bahwa hasil penelitian ini masih banyak kekurangan, untuk itu peneliti mohon maaf dan mengharafkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi menyempurnakan penelitian. Akhirnya peneliti berharap semoga hasil penelitian ini dapat berguna dalam memperkaya teknologi pendidikan didalam melaksanakan aktivitas pembelajaran.

Medan Oktober 2008

Ketua Peneli,



Drs. Maju Lumban Gaol, M. Pd
NIP 131765619

DAFTAR ISI

ABSTRAK	.....	i
KATA PENGANTAR	.....	ii
DAFTAR ISI	.....	iii
DAFTAR TABEL	.....	iv
DAFTAR GAMBAR	.....	v
BAB I PENDAHULUAN		
A. Latar Belakang Masalah.....		1
B. Perumusan Masalah		3
C. Tujuan Penelitian		4
D. Manfaat Penelitian		5
BAB II DESKRIPSI TEORITIS, KERANGKA BERPIKIR DAN PERUMUSAN HIPOTESIS		
A. Deskripsi Teoritis		6
1. Hakikat Frekuensi Gelombang Ultrasonik.....		9
2. Pola Perilaku Gerak Belalang Kembara.....		16
B. Kerangka Konseptual dan Hipotesis Penelitian		14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
A. Rancangan Penelitian.....		17
B. Desain Eksperimental Penelitian.....		18
C. Populasi dan sampel penelitian		19
D. Variabel penelitian.....		19
E. Bahan dan alat penelitian.....		20
F. Jenis Penelitian Dan Ruang Lingkup Penelitian.....		20
G. Lokasi Dan Waktu Penelitian.....		21
H. Metode Pengumpulan Data Penelitian.....		21
I. Prosedur Penelitian.....		22
J. Teknik Analisis Data Penelitian		22

BAB IV HASIL PENELITIAN

1. Deskripsi Rancangan Pembangkit Ultrasonik.....	22
2. Pengaruh frekuensi gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara.....	
3. Pembahasan.....	23
4. Pembahasan Hasil Penelitian.....	26

BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	28
A. Saran.....	28

DAFTAR PUSTAKA.....	29
---------------------	----

LAMPIRAN.....	30
---------------	----

DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	31
---------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 1	: Model rangkaian pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik dengan memakai IC.....	7
Gambar 2	: Belalang Kembara.....	8
Gambar 3	: Rangkaian Pembangkit Ultrasonik.....	23
Gambar 4	: Prototype Pembangkit Frekuensi Ultrasonic	24
Gambar 5	: Penangkaran Belalang	24

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 1	: Rancangan Perlakuan Gelombang Ultrasonik Terhadap Pola Perilaku Gerak Pasif Belalang Kembara.....	17
Tabel 2	: Hasil Pengamatan Perilaku Gerak Pasif belalang Kembara.....	24
Tabel 3	: Analisis Varians Rancangan Faktorial.....	25
Tabel 4	: Pengaruh Frekuensi Pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Rata-Rata Persentasi Pola Perilaku Gerak Pasif Belalang Kembara.....	25

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

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. Organisme pengganggu ini hidup pada tanaman dan hewan budidaya manusia dan bahkan ada yang mengganggu kesehatan manusia (Adianto dan Sulaksono, 1987). Sebagai salah satu contoh kegagalan sektor pertanian di beberapa daerah di Indonesia adalah akibat adanya serangan hama belalang kembara (*Locusta migratoria*). Beberapa daerah yang mendapat serangan hama belalang kembara di Indonesia, misalnya di daerah Sumatera Utara khususnya di daerah Kabupaten Tanah Karo, Deli Serdang dan daerah Tapanuli Utara dan Tapanuli Tengah, daerah ini sering diganggu/diserang oleh adanya populasi hama belalang kembara. Pada tahun 1999 serangan hama belalang kembara ini sudah mencapai 9 kecamatan yang menyerang tanaman pangan (padi, jagung dan sayuran) dengan mencapai luas 4420 ha (Anonymous, 2000). Daerah Ketapang yang mempunyai banyak lahan terbuka yang umumnya ditumbuhi alang-alang dan rumput lainnya merupakan daerah yang cukup baik untuk perkembangan belalang kembara (Hoeve, 1996). Selain itu daerah yang terbuka biasanya jauh dari pemukiman dan sangat luas sehingga menyulitkan kegiatan pengamatan yang berakibatkan populasi belalang kembara sukar dideteksi dan biasanya populasi diketahui jika sudah dalam bentuk gregaria yang mempunyai perilaku bermigrasi ke daerah lain dan populasi yang demikian sangat sulit untuk dikendalikan apalagi hanya dengan mengandalkan satu teknik saja yaitu penyemprotan insektisida.

Upaya pengendalian populasi hama belalang kembara 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 kembara ini. Penyemprotan insektisida dilakukan di tempat yang menjadi daerah sarang/kumpulan belalang kembara dalam populasi tinggi dari beberapa stadia hidup dalam kawanan belalang kembara (Anonymous, 2000).

Struktur tubuh belalang terdiri dari tiga bagian yaitu kepala (caput), dada (thorax) dan perut (abdomen), mempunyai satu pasang antena, dua pasang sayap dan tiga pasang kaki (Borror and De Long, 1970) seperti . Gelombang bunyi yang diterima dan ditafsirkan pusat pendengaran belalang kembara, 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 diantara sesama belalang kembara 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. Gelombang ultrasonik 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 inersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986).

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). Pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik dapat mempengaruhi aktivitas sel

(Buckwalter *et al.*, 2000). Gelombang ultrasonic intensitas rendah mampu mempengaruhi aktivitas sel jaringan ikat (Herle *et al.*, 2001).

Pengendalian hama belalang kembara adalah menghilangkan atau mengurangi aktivitas daya rusak hama terhadap tanaman (Wudianto, 2002). Pada penelitian ini aktivitas tersebut dibatasi pada pola perilaku pasif yaitu pengamatan kepasifan yang tidak bergerak/diam di tempat dan diam berkelompok dengan anggota tubuh tidak bergerak kecuali antenanya yang meliputi pola gerak pasif. Dengan adanya serangan hama belalang kembara, maka salah satu alternatif dari beberapa teknik Pengendalian Hama Terpadu (PHT) untuk mengurangi populasi hama belalang kembara adalah dengan memanfaatkan struktur tubuh belalang kembara seperti pusat pendengarannya dengan cara mengganggu pendengaran belalang kembara menggunakan alat teknologi terapan yaitu perangkat rangkaian elektronik dengan prinsip pengendalian hama tersebut tidak merusak dan tidak mencemari lingkungan yaitu dengan menggunakan suatu alat berupa rangkaian listrik dengan metode dasar rangkaian elektronika. Alat ini dapat mengeluarkan bunyi dengan frekuensi gelombang ultrasonik yang mempunyai jangkauan antara 20 kHz sampai 60 kHz dengan kemampuan daya pancar maksimum alat pembangkit gelombang ultrasonik ini pada jarak tertentu dan sesuai kapasitas alat tersebut. Adapun fungsi alat tersebut untuk mengganggu pola perilaku belalang kembara yang meliputi makan pasif dan gerak pasif dengan jalan mengacau atau mempengaruhi gelombang komunikasi berupa gelombang ultrasonik yang dipancarkan oleh belalang kembara melalui pusat pendengaran yang dimilikinya dengan suatu frekuensi gelombang ultrasonic tertentu dari sumber alat tersebut (Sumisjokartono, 1997).

B. Perumusan Masalah

Frekuensi gelombang ultrasonik didefinisikan sebagai banyaknya getaran listrik atau suara di atas 20 khz yang dihasilkan oleh rangkaian elektronik dalam waktu tertentu dan gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara (sonik) dari ambang batas pendengaran manusia. Pola perilaku gerak pasif belalang didefinisikan sebagai. Hama belalang kembara

merupakan hama jenis serangga yang menjadi kendala dan masalah bagi masyarakat/petani di Indonesia, khususnya masyarakat/petani di Medan Sumatera Utara. *Pola Perilaku gerak pasif adalah aktivitas pergerakan* belalang kembara dalam kehidupannya berjalan, berpindah dan berputar dengan menggunakan kaki serta terbang dengan menggetarkan sayap. Belalang kembara memiliki alat indra mata, telinga dan kumis yang digunakan sebagai antena. Alat indra tersebut berfungsi untuk mengatur sistem perpindahan, informasi serta komunikasi antara belalang kembara jantan dan betina dalam perkembangbiakannya

Lingkup pembatasan masalah dalam penelitian ini, masalah dibatasi dalam hal pembuatan rangkaian pengendali elektronik hama belalang kembara serta implementasinya untuk mengetahui pengaruh frekuensi gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak belalang kumbara.

Bertolak dari latar belakang masalah tersebut, masalah yang menjadi bahan kajian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah bentuk rangkaian pengendali elektronik hama belalang berbasis frekuensi gelombang ultrasonik?
2. Apakah frekuensi gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah : Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik pada frekuensi, lama pemaparan yang optimal terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara. Sedangkan tujuan penelitian di laboratorium secara khusus adalah :

1. Membuat suatu alat pengendali hama belalang secara elektronik.
2. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi pemaparan gelombang ultrasonik berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat hasil penelitian diharapkan bermanfaat untuk :

1. Memberi informasi alternatif cara penanggulangan serangan hama belalang kembara dengan menggunakan gelombang ultrasonik.
2. Memberi informasi ilmiah untuk pengembangan teknologi dalam penanggulangan serangan hama belalang kembara dengan menggunakan gelombang ultrasonik.
3. Memberi informasi bagi pemerintah maupun petani, khususnya di daerah Sumatera Utara dalam mengendalikan serangan hama belalang kembara dengan menggunakan gelombang ultrasonik.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Tinjauan Pustaka

1. Hakikat Frekuensi Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik longitudinal dengan frekuensi di atas 20 kHz. Gelombang ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifa enersia 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 Skofronic, 1978). Jika gelombang ultrasonik merambat dalam suatu medium, maka partikel medium mengalami perpindahan energi (Giancoli, 1998). 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 : $I = 1/2 \rho v A^2 \omega^2$

Dengan :

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

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

A = amplitudo maksimum (m)

$Z = \rho v$ = 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 : $E = \frac{1}{2} k A^2$ dengan ; $k = \text{konstanta} = \frac{4 \pi^2 m}{T^2} = 4 \pi^2 m f^2$; T = periode (s) ; A = amplitudo geraknya (m); m = massa partikel pada medium (kg)

Kemudian :

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

V = volume = luas . 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 $E = \frac{1}{2} k A^2$; ; Dengan ; $k = \text{konstanta} = \frac{4 \pi^2 m}{T^2} = 4 \pi^2 m f^2$; T = periode (s) ; A = amplitudo geraknya (m) dan m = massa partikel pada medium (kg) sehingga diperoleh: $E = 2 \rho^2 m f^2 A^2$. 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

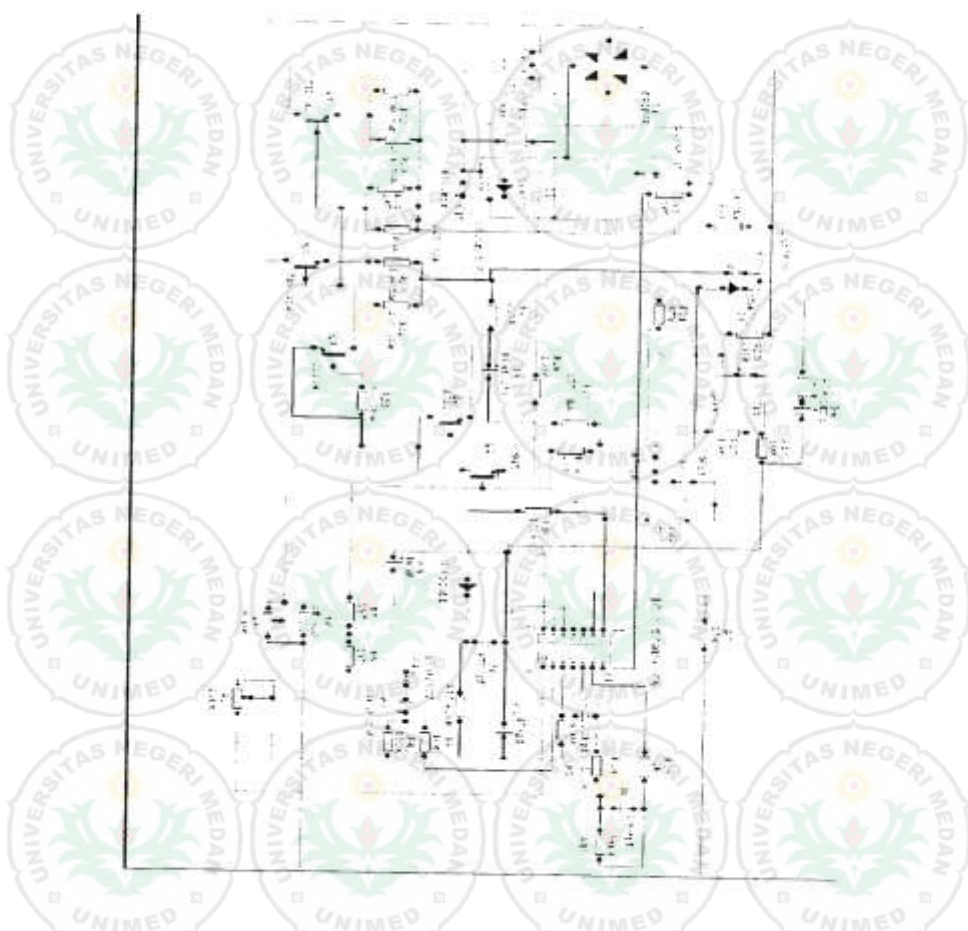
Mula-mula gelombang ultrasonik dengan amplitudo tertentu mengenai jaringan, kemudian gelombang ultrasonik tersebut akan dipantulkan permukaan

jaringan.. Perbandingan amplitudo tekanan pantulan (R) terhadap amplitudo tekanan datang (A_0) 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 (Anonimous, 1978). 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, 1996). 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 k_Ω yang dipasang berderet dengan potensiometer 1 M_Ω 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 2.



Gambar 1.. Model rangkaian pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik dengan memakai IC

B. Pola Perilaku Gerak Belalang Kembara

Tubuh belalang kembara terbagi atas kepala, dada (toraks), dan perut (abdomen). Kepala belalang kembara memiliki sepasang sungut, mata tunggal dan majemuk, serta mulut yang terdiri dari bagian-bagian yang saling

berhubungan. Bentuk struktur tubuh belalang kembara ini ditunjukkan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Belalang Kembara

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 kembara dalam kehidupan dan perkembangan koloni belalang kembara, dikenal ada tiga fase, yaitu ; *fase soliter*, *transien* dan *gregaria*. Perubahan fase tersebut dapat ditunjukkan seperti gambar 2.4 berikut ini : *Fase soliter* adalah suatu fase belalang kembara yang hidup secara individu dan tidak merugikan. Pada keadaan lingkungan menguntungkan bagi kehidupan belalang kembara maka perkembangbiakannya menjadi pesat, kemudian individu-individu belalang kembara membentuk kelompok kecil. beberapa kelompok tersebut kemudian bergabung menjadi kelompok yang cukup besar dan disebut *fase transien*. Fase transien dapat berkembang menjadi kelompok belalang kembara dalam jumlah besar yang disebut *fase gregaria* atau *migratoria* dengan kemampuan merusak tanaman yang luar biasa. Kelompok yang besar tersebut tidak terjadi dalam waktu singkat, tetapi memerlukan waktu beberapa generasi; dan selama proses tersebut juga berlangsung proses perubahan fisiologi, bentuk, warna dan perilaku (Kalshoven, 1986).

Apabila kemudian keadaan lingkungan tidak menguntungkan bagi kehidupan belalang kembara terutama karena pengaruh curah hujan, tekanan musuh alami dan 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 kembara dewasa fase soliter

berwarna agak hijau, tetapi fase gregaria berwarna jingga dengan bagian atas hitam. Pada fase soliter bentuk punggung di belakang kepala (*pronotum*) belang kembara dewasa maupun nimfa lebih menonjol/menyembul, ukuran badannya lebih besar, nimfa dan imago tidak berkelompok dan tidak bermigrasi, stadium nimfa lebih lama, belang dewasa hidup lebih lama, dan selang waktu bertelur lebih lama daripada fase gregaria.

Sebagai tanda bahwa belang kembara jantan telah mencapai masak kelamin adalah sekali-sekali mengerik sambil mendekati ke arah betina. Belang kembara 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. Belang kembara 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 belang kembara dapat memanjangkan abdomennya sampai dua kali. Tanah yang gembur dan lembab lebih disukai untuk bertelur. Gambar 2.5 adalah bentuk proses peletakan telur belang kembara ke dalam tanah. Proses peletakan telur berlangsung selama satu jam. Dalam proses peneluran belang kembara dapat memanjangkan abdomennya sampai dua kali. Tanah yang gembur dan lembab lebih disukai untuk bertelur. Gambar 2.5 adalah bentuk proses peletakan telur belang kembara ke dalam tanah. Pada siang hari belang kembara dewasa aktif terbang, namun kadangkadang turun dan hinggap lalu makan tumbuhan yang dihindapinya. Pada senja, malam hingga pagi belang kembara 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 dihindapi dan dimakan oleh belang kembara dalam jumlah besar pada umumnya rusak atau habis dalam waktu yang sangat singkat. Tanaman padi habis seluruhnya, sedang tanaman jagung hanya tinggal batangnya.

Ada dua cara terbang yang dilakukan belalang kembara yaitu terbang lokal dan terbang berpindah tempat atau migrasi. Apabila kecepatan angin tinggi kelompok belalang terbang mengikuti arah angin. Dalam keadaan angin sepoi-sepoi arah terbang bisa berlawanan dengan arah angin dan berputar kembali. Jarak perpindahan yang dicapai dalam satu hari tidak terlampau jauh. Pada pagi hari kelompok belalang kembara mulai terbang setelah suhu udara meningkat mencapai 27oC. Waktu pagi dan sore hari pada umumnya cenderung terbang berputar secara lokal dan apabila terjadi hujan gerimis segera berhenti terbang dan malam hari belalang kembara berhenti terbang. Kelompok nimfa bermigrasi dengan cara melompat dan berjalan. Pada malam hari nimfa istirahat bertengger pada tumbuhan rumput, semak, tanaman atau pada batu atau tanah yang menonjol (Sulthoni, 1993).

Hasil pemeliharaan belalang kembara 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 kembara betina bertelur paling banyak 9 kali dengan interval bertelur antara 6 sampai 9 hari. Seekor belalang kembara dapat bertelur sebanyak 200 sampai 270 butir, tetapi dapat pula mencapai 300 butir dan sebanyak-banyaknya 500 butir (Anonimous, 1999).

Belalang kembara hidup di daerah tertentu, pada vegetasi padang rumput dan keadaan iklim yang cukup kering. Di daerah Kotawaringin Barat dan Ketapang perkembangan populasi belalang kembara 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 kembara dewasa sehingga dapat mempertinggi daya bertahan hidupnya (Lorensius, 2001).

Belalang kembara yang hanya mendapatkan makanan tunggal berupa alang-alang akan menghasilkan populasi yang rendah, tetapi karena belalang kembara juga memakan tanaman budidaya (padi dan jagung) dan rerumputan lainnya maka populasinya menjadi tinggi dan berkembangbiak lebih cepat. Belalang kembara cenderung memilih makanan yang lebih disukainya.

Kebanyakan spesies tumbuhan dari famili Graminae lebih disukai terutama jagung, padi, sorgum, tebu, gelabah, alang-alang dan rerumputan lain. Selain itu belalang kembara 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 (Anonimous, 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 pembrantasan, 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, 1996).

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, pathogen : jamur, bakteri, virus dan nematode, serta hewan vertebrata. 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.

Di antara beberapa caranya adalah dengan memasang bunyi-bunyian, memasang perangkap, menangkap kemudian dibakar atau dengan membunuh langsung telur, larva, dan imago hama yang ditemui. Teknik pengendalian secara kimiawi adalah pengendalian yang menggunakan pestisida dan bahan-bahan kimia yang bisa digunakan untuk pengendalian hama. Misalnya penggunaan feromon yaitu senyawa kimia yang dikeluarkan oleh hewan yang menyebabkan rangsangan khas pada individu dari satu spesies yang menerimanya dan repellent (penolak serangga) yaitu senyawa yang menyebabkan serangga menjauh dengan cara membuat tanaman tidak menarik atau tidak enak (Wudianto, 2002). Bahan kimia lain yang biasa digunakan untuk membasmi hama belalang adalah Derris yang mengandung 2,2 % rotenon, dan obat-obat mutakhir seperti : BHC, HCH, Lindane, Aldrin dan biasanya penyemprotan hama belalang agar benar-benar efektif dilakukan dari udara dengan pesawat terbang (Soetedjo, 1989)

C. Kerangka Konseptual dan Hipotesis Penelitian

Pendekatan teknologi elektronika terapan mempunyai potensi untuk dapat dikembangkan sebagai pengendalian hama belalang kembara yang memenuhi aspek ramah lingkungan dan tidak tercemar. Pendekatan tersebut adalah pengendalian secara elektronik di samping pengendalian hama secara biologi dan kimia yaitu penggunaan gelombang ultrasonik untuk mempengaruhi pola perilaku belalang kembara.

Gelombang ultrasonik yang dibangkitkan oleh osilator adalah merupakan gelombang longitudinal dengan frekuensi di atas 20 kHz dan mentransmisikan energi dalam perambatannya. Gelombang ultrasonik pada frekuensi 60 kHz merupakan batas yang dapat didengar oleh makhluk hidup, di atas frekuensi tersebut gelombang ultrasonik ini tidak dapat didengar lagi bunyinya. Insekta/serangga pada umumnya menggunakan gelombang ultrasonik untuk berkomunikasi dalam rentangan frekuensi 20 kHz sampai 60 kHz. Komunikasi ini dilakukan untuk mengetahui perubahan informasi dan mendeteksi lokasi dari suatu objek. Gelombang ultrasonik yang diterima insekta/serangga dapat menghasilkan bermacam-macam tanggapan yang meliputi; daya tarik seks,

pertahanan wilayah, tanda bahaya, dan perubahan lintasan terbang untuk mempertahankan kelompoknya

Prinsip dasar komunikasi insekta/serangga tersebut dapat dapat dimanfaatkan untuk pengendalian hama belalang kembara yaitu dengan suatu alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik. Untuk menghasilkan alat pembangkit gelombang ultrasonik ini, dilakukan dengan suatu rangkaian listrik dengan terapan teknologi elektronika. Dengan adanya alat pembangkit gelombang ultrasonik tersebut, dapat ditentukan suatu frekuensi gelombang ultrasonik yang dapat mempengaruhi pola perilaku belalang kembara. Perubahan pola perilaku belalang kembara ini, didasarkan pada pemaparan gelombang terhadap belalang kembara yang dapat mempengaruhi struktur jaringan sel akibat adanya efek termal, efek kavitasi dan efek mekanik terhadap belalang kembara sehingga terjadi kerusakan jaringan sel pada struktur tubuh belalang kembara.

Kerusakan jaringan sel ini 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 efek termal, efek kavitasi dan efek mekanik. Pengujian efektivitas gelombang ultrasonik untuk dapat mempengaruhi pola perilaku yang meliputi gerak pasif belalang kembara dilakukan dengan eksperimental laboratoris. Parameter gelombang ultrasonik yang diuji dalam eksperimental laboratoris ini meliputi tingkat frekuensi, jarak sumber, dan lama pemaparan. Dengan mengetahui besarnya frekuensi, jarak sumber, dan lama pemaparan yang tepat dari pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara, sasaran untuk pengendalian hama belalang kembara dapat tercapai dan terpenuhi.

Berdasarkan landasan teori yang telah diuraikan serta disesuaikan dengan masalah penelitian, maka dapat dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut; Fekkuensi gelombang ultrasonik optimal berpengaruh terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah eksperimental laboratoris dengan perakita alat pengendali hama belalang secara elektronik dan perlakuan berupa rangsangan gelombang ultrasonik terhadap belalang kembara. Gelombang ultrasonik frekuensi rendah adalah gelombang ultrasonik yang masih dapat mengeluarkan bunyi (20kHz– 60 kHz) dan dapat didengar oleh pusat pendengaran insekta/serangga.

Penelitian ini disusun dengan menggunakan RAL (rancangan acak lengkap) dengan uji faktorial, terdiri dari tiga faktor yaitu ; faktor pertama (A) = frekuensi gelombang ultrasonik (F) dengan 5 taraf ; Fo, F1, F2, F3, dan F4, faktor kedua (B) adalah jarak (R) dengan 5 taraf ; Ro konstan, serta faktor ketiga (C) adalah lama pemaparan (T) dengan 5 taraf ; To, T1, T2, T3, dan T4. Jadi faktor A dengan taraf sebanyak a = 5; faktor B dengan taraf sebanyak b = 5 dan faktor C dengan taraf sebanyak c = 5. Karena eksperimennya dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), dalam tiap kombinasi perlakuan terdapat n buah unit eksperimen atau pengamatan, maka model linear matematik yang tepat untuk rancangan faktorian a x b x c menurut Sudjana (1985) adalah :

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

Dengan :

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

ABCijk = 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).

Fo, Ro, To = kontrol

i = 1, 2, 3, 4 (a) ; (taraf frekuensi) j = 1,2,3,4 (b) ; (taraf jarak pemaparan); k = 1, 2, 3, 4 ; (c) ; (lama pemaparan) l = 1, 2, 3, (n=r)

B. Desain Eksperimental Penelitian

Perlakuan yang diberikan dalam penelitian ini adalah setiap perlakuan yang diberikan terdiri dari 10 sampel belalang kembara dengan refleksi/ulangan tiga kali dan yang diamati dari perlakuan ini adalah pengaruh langsung saat pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara. Pola perilaku pasif pada penelitian ini adalah pengamatan kepasifan yang tidak bergerak/diam di tempat dan diam berkelompok dengan anggota tubuh tidak bergerak kecuali antenanya. Model Tabel perlakuan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Perlakuan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara

Frekuensi (A)	T
Fo	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.

Model rancangan eksperimental di laboratorium ini terdiri sebuah kotak yang berukuran (200 cm x 200 cm x 200 cm) yang rangkanya terdiri dari kayu dan papan tripleks serta dindingnya dibuat dari kawat kasa digunakan sebagai kotak sampel belalang kembara. Di samping depan kotak dengan jarak yang ditentukan diletakkan alat pembangkit gelombang ultrasonik yang frekuensinya dapat diatur sesuai keperluan dan alat pengukur /counter frekuensi untuk mengetahui frekuensi yang dipancarkan alat pembangkit gelombang ultrasonik serta osiloskop untuk mengetahui jenis gelombang yang dipancarkan alat pembangkit gelombang ultrasonik. Di bagian samping kiri kotak sampel belalang kembara ditempatkan faktor penghambat berupa tanaman yang gunanya untuk membentuk suasana seperti kehidupan habitatnya dan di samping kanan kotak sampel belalang kembara tersebut dipasang kamera untuk mengamati pola perilaku gerak pasif belalang kembara yang dihubungkan peralatan lainnya (speaker dan Komputer) sebagai alat pendukung pengamatan yang ditempatkan pada jarak tertentu dari kotak sampel belalang kembara dan juga sebagai tempat pengamatan dan mengumpulkan data pola perilaku gerak pasif belalang kembara akibat pemaparan gelombang ultrasonik.

C. Populasi dan sampel penelitian

1. Populasi sampel penelitian adalah jenis belalang kembara dewasa dari fase soliter dengan ukuran jantan 4 cm dan betina 5 cm yang diambil tempat penangkaran belalang kembara Dinas Pertanian Kabupaten Deli Serdang..
2. Sampel penelitian adalah sebanyak sepuluh ekor belalang kembara untuk setiap perlakuan.

D. Variabel penelitian

Variabel penelitian terdiri atas variabel bebas, variabel terikat dan variabel kendali yang secara rinci dijabarkan sebagai berikut :

Variabel bebas : 1. Frekuensi ; 0 kHz, 40 kHz, 45 kHz, 50 kHz, dan 55 kHz.

2. Jarak ; 200 cm

3. Lama pemaparan ; 1 jam

Variabel terikat : Pola perilaku yaitu pola gerak, serta jumlah belalang yang bergerak pasif.

Variabel terkendali : Temperatur/suhu ruang, kelembaman ruang, waktu eksperimental, dan nutrisi/makanan belalang kembara

E. Bahan dan alat penelitian

Adapun bahan bahan dan alat dalam penelitian yaitu :

- a. Bahan : Hama belalang kembara dan nutrisinya
- b. Alat :
 1. Sumber pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik.
 2. Sumber tegangan (*Power Supply*)
 3. Sinyal Generator
 4. Osiloskop
 5. Penghubung rangkaian listrik/kabel
 6. Peralatan mekanik pendukung rangkaian
 7. Rangkaian elektronik penghasil gelombang ultrasonik
 8. Timer waktu
 9. Termometer
 10. Counter/pencacah Frekuensi
 11. Rak tempat sampel
 12. Kotak penangkar belalang kembara ukuran (1m x 1m x 1m)
 13. Kotak sampel belalang kembara ukuran (20 cm x 20 cm x 20cm)
 14. Penyangga alat gelombang ultrasonik.
 15. Termostat
 16. Sangkar pemeliharaan ukuran (3 m x 2 m x 2 m)
 17. Kamera
 18. Monitor dan CPU komputer + speaker
 19. Tanaman sebagai faktor penghambat

F. Jenis Penelitian Dan Ruang Lingkup Penelitian

- a. Jenis penelitian : Penelitian ini bersifat eksperimental murni dengan kondisi skala laboratories
- b. Ruang lingkup : Penekanan penelitian terutama terfokus pada penggunaan gelombang ultrasonik dalam pengendalian hama belalang kembara.

G. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan dan di Ruma Tinggal peneliti Jl pendidikan no 89 Medan. Waktu penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan yaitu dari bulan Juni sampai September 2008, dimulai dengan tahap persiapan yaitu merangkai alat, serta bahan-bahan dan penggunaan, dilanjutkan dengan tahap operasional.

H. Metode Pengumpulan Data Penelitian

Penelitian ini terdiri atas dua bagian, yaitu metode observasional dan metode eksperimental.

1. Metode observasional penelitian

Penelitian observasional bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku belalang kembara.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Pengambilan sampel belalang kembara untuk 10 belalang kembara setiap perlakuan.
- b. Deskripsi pengaruh gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku belalang kembara dengan pengamatan pada penelitian ini adalah kepasifan yang tidak bergerak/diam di tempat dan diam berkelompok dengan anggota tubuh tidak bergerak kecuali antenanya.

2. Metode eksperimental penelitian

Penelitian eksperimental bertujuan untuk memperoleh data pengamatan pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Pemakaian alat pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik di laboratorium terhadap belalang kembara.
- b. Analisis gelombang ultrasonik yang diberikan terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara dengan kombinasi frekuensi, sumber, dan lama pemaparan.

I. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Merakit rangkaian pembangkit frekuensi gelombang ultrasonik, bahan dan merencanakan eksperimen sesuai dengan jenis percobaan yang dilakukan dan pengambilan sampel belalang kembara
2. Melakukan uji coba alat dan penggunaan gelombang ultrasonik terhadap belalang kembara di laboratorium.
3. Menentukan frekuensi gelombang ultrasonik, jarak sumber dan lama pemaparan yang tepat terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara.
4. Menganalisis hasil pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara.

J. Teknik Analisis Data Penelitian

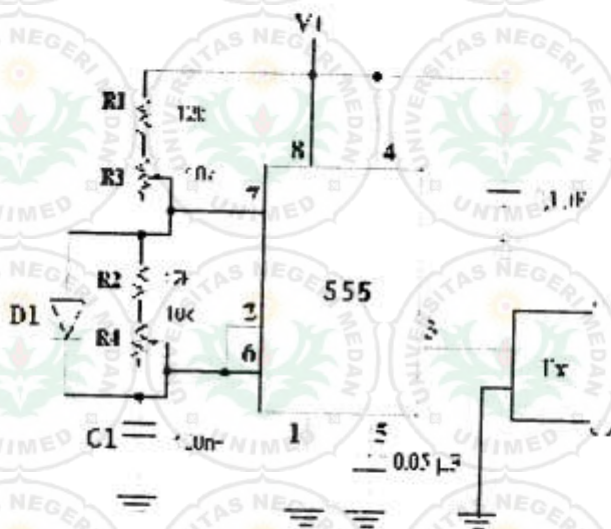
Data hasil pengamatan pola gerak pasif belalang kembara dianalisis dengan menggunakan analisis variansi dengan rancangan faktorial dengan tiga faktor yang meliputi frekuensi, jarak sumber, dan lama pemaparan gelombang ultrasonik serta kombinasinya. Rancangan faktorial tersebut digunakan untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap respon dan juga untuk mengetahui perlakuan mana saja yang terbaik dari hasil pengamatan terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara. Jika ada perbedaan yang nyata antara perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf signifikansi 5 % dan uji Tukey.

BAB IV

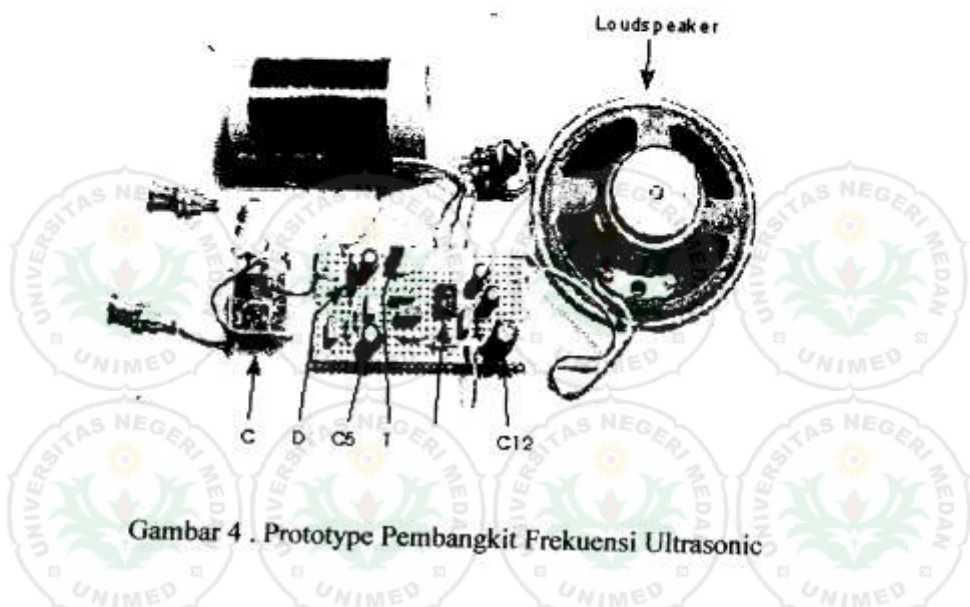
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. 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, 1996). 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 2.12.



Gambar 3. Rangkaian Pembangkit Ultrasonik



Gambar 4 . Prototype Pembangkit Frekuensi Ultrasonic

Gambar 5 . Penangkaran Belalang

2. Pengaruh frekuensi gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara

Pengujian dilakukan terhadap hipotesis statistik yang dirumuskan sebagai berikut

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

Pernyataan hipotesis tersebut adalah :

H_a = Terdapat perbedaan Fekuenasi gelombang ultrasonik yang berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembra

H_o = Tidak terdapat perbedaan Fekuenasi gelombang ultrasonik yang berpengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembra

Tabel 2. Hasil Pengamatan Perilaku Gerak Pasif belalang Kembra

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 kembra menunjukkan bahwa interaksi frekuensi gelombang ultrasonik yang berbeda memberi pengaruh yang bermakna terhadap pola gerak pasif belalang kembra 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 kembra, maka dapat disimpulkan bahwa dalam mengendalikan populasi pergerakan belalang kembra 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 Kembara

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 kembara 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 kembara dan berbeda bermakna dengan perlakuan F1 (frekuensi 40 kHz), F2 (Frekuensi 45 khz) dan F3 (frekuensi 45 kHz).. Dapat didimpulkan, bahwa perubahan frekuensi pemaparan akan memberi pengaruh yang berbeda kepada perilaku gerak dari beialang kembara.

3. Pembahasan

Hasil penelitian dan analisis variansi menunjukkan bahwa besarnya frekuensi gelombang ultrasonik mempunyai pengaruh terhadap pola perilaku gerak pasif belalang kembara. 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 kembara, 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 kembara.

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. 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 W/cm² (Sutiono, 1982).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan tentang pengaruh pemaparan gelombang ultrasonik terhadap pola perilaku makan pasif dan gerak pasif belalang kembara 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 kembara. 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.

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan disarankan bahwa

1. Diperlukan pengkajian perancangan alat pengendali secara ultrasonic 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 kembara 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 kembara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 1988. Ilmu Biofisika (terjemahan; Redjani, Abdulbasir), Surabaya: Airlangga University Press, hlm 256-375.
- Adianto dan Soelaksono S., 1987. Ekotoksikologi Dan Pestisida , Bandung: Pusat Antar Universitas Bidang Ilmu Hayati ITB, hlm 25-35.
- Anwar A., 1994. Pembangunan Pertanian dan Sistem Penyuluhan di Masa Depan, Jakarta: Journal of Agricultural Extension, Departemen Pertanian, hlm 5 - 15.
- Anonimous, 1999. Belalang Kembara (*Locusta migratoria*) Dan Usaha Pengendaliannya, Dirjen Tanaman Pangan Dan Hortikultura, hlm 17-25.
- Buchsbaun R., 1988. Animals Without Backbones, Chicago: University Press, pp III -112.
- 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.
- Eidmann, 1970. Lehrbuch Der Entomologie, Hamburg: Verlag Paul Parey, pp 531
- Hadiwiyoto S., 1993. Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Jilid 1, Yogyakarta: Penerbit Liberty, hlm 241-272.
- Hawley S.A., Macleod R.W., Dunn F., 1963. Degration of DNA by intense non-cavitating ultrasound, J. Acoust Soc Am 35, pp1285.
- Hoeve Van H., 1996. Ensiklopedi Indonesia Seri Fauna Tentang Serangga/Insekta, Jakarta: Penerbit PT Icthiar Baru Van Hoeve, hlm 42-54.
- Ikeda K., and Inaba A., 1972. Illustrated Animal Anatomy, Tokyo : Morikita Shuppan, Co, Ltd, pp 52.
- Kujak A., and Wibisono W.S., 1986. Diagnostik Ultrasound in Developing Countries, Madost, Zegreb, pp 25-36.

- Luong-Skovmand, 1999. Oriental migratory locust biology and ecology. Seminar for technoly transfer of locust survey and control. Lampung: 12-13 July.
- Lorensius Tatang, 2001. Laporan Serangan Hama Belalang Kembara di daerah Ketapang, Ketapang: Tim Program Pemberdayaan Sistem Tani-Hutan Asli Pancur Kasih (PPSTA-PK). Ketapang: 24 Juni.
- Michelsen A., and Nocke H., 1974. Biophysical Aspects of Sound Communication in Insects, *Advan, Insect Physical*, 10; pp 247-296.
- Meyer E. and Ernst-Georg Neumann, 1972. An Intoduction Physical and Applied Acoustics, New York: Academic Press, Inc, pp 412-420.
- Nurwantoro dan Djariah A.S., 1994. Mikrobiologi Pangan Hewani-Nabati, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, hlm 13-75.
- Oesman Mashar, 1988. Dasar-dasar Ultrasonografi Diagnostik, Seminar Penggunaan Ultrasonografi dalam Bidang Kedokteran, Bali: Denpasar, 23 Desember .
- Purwanto Fajar H.M., 1986. Fisika Terapan, Jakarta: Penerbit Karunika UT, hlm 30-42.
- Resnick R., dan Halliday D., 1992. Fisika, Penterjemah 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.
- Santoso Singgih, 2002. Mengolah Data Statistik Secara Profesional, Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo, hlm 143-231.
- Santoso Singgih, 2001. Statistik Multivariat, Jakarta: Penerbit PT Elex Media Komputindo, hlm 378-452.
- Sears F.W., and Zemasky M.W., 1982. University Physics, Cambridge: University Press, pp 432-436.
- Sulthoni A., dan Subiyanto, 1993. Kunci Determinasi Serangga, Yogyakarta: Penerbit Kanisius, hlm 15-30.
- Sudjana, 1985. Disain dan Analisis Eksperimen, Bandung; Tarsito, hlm 101- 103.
- Sutiono B.T., 1982. Studi Keamanan Penggunaan Gelombang Ultrasonik dalam kedokteran, Bandung: Fisika Institut Teknologi Bandung, hlm 24-43.
- Sutrisno, 1988. Gelombang Dan Optik, Seri Fisika Dasar Jilid 2, Bandung: Institut Teknologi Bandung, hlm 35-70.
- Soetedjo M.M., 1989. Hama Tanaman Keras Dan Alat Pembrantasannya, Jakarta: Penerbit Bina Aksara, hlm 80-81.

Stell dan Torrie, 1991. Prinsip dan Prosedur Statistik Suatu Pendekatan Biometrik, Jakarta: PT Gramedia, hlm 417-427.

Takahashi, 1997. Hydrostatic Pressure Influences mRNA Expression of TGF β 1 and HSP 70 in Chondrocyte Like Cell Line, *J Bone Joint Surg (Am)* 15: pp 150-158.

Uvarov B. P., 1977. Grasshoppers and locust. A Handbook of General Acridology, COPR, London : Cambridge University Press, pp 176-195.

Warsito S., 1982. Sirkuit Arus Searah, Seri Pelajaran Elektronika Ia, cetakan ke 7, Jakarta: Penerbit Karya Utama, hlm 17-36.

Wilson E. O., 1972. Animal Communication, *Science Am*, 227; pp 52-60.

Wudianto Rini, 2002. Petunjuk Penggunaan Pestisida, Jakarta : Penerbit

Penebar Swadaya, hlm 31-42.



PERSONALIA PENELITIAN

Ketua Peneliti

- a. Nama : Drs. Maju Lumban Gaol, M.Pd
- b. Jenis Kelamin : Laki laki
- c. NIP : 131765619
- d. Disiplin Ilmu : T. Elektro dan Teknologi Pendidikan
- e. Pangkat/Gol : Penata Muda tkt I/ III-C
- f. Jabatan Fungsional : Lektor
- g. Fakultas/Jurusan : Fak. Teknik/ Teknik Elektro
- h. Waktu Untuk Penelitian : 16 Jam per minggu

Anggota Peneliti 1

- a. Nama : Drs. Yunizar Noor , M.Pd
- b. Jenis kelamin : Laki-laki
- c. NIP : IIIC/Lektor/ 130935472
- d. Disiplin Ilmu : Teknologi Pendidikan
- e. Pangkat/ Golongan : Penata Muda tkt I/ IIIC
- f. Jabatan Fungsional : Lektor
- g. Fakultas/ Program Studi : Fak. Teknik/Teknik Elektro
- h. Waktu untuk penelitian : 16 jam per minggu

Anggota Peneliti 2

- b. Nama : Drs. Usman Sinaga
- c. Jenis Kelamamin : Laki-laki
- d. NIP : 1316125341
- e. Disiplin Ilmu : Pendidikan Teknik Elektro
- f. Pangkat/ Gol : Penata / III c
- g. Jabatan Fungsional : Lektor
- h. Fakultas/ Program Studi :Fak.Teknik/Teknik Elektro
- i. Waktu untuk penelitian : 16 jam per minggu

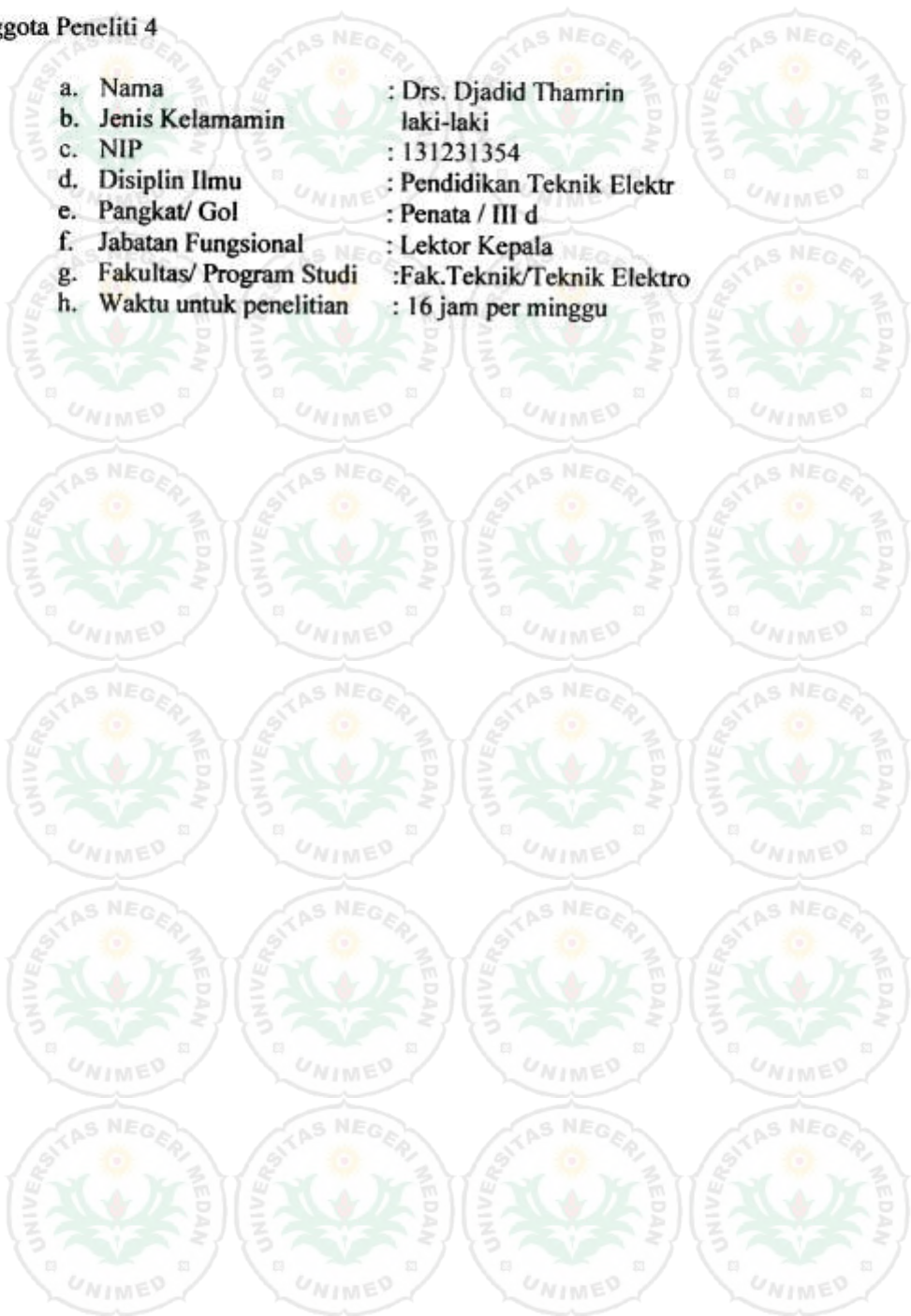
Anggota Peneliti 3

- a. Nama : Dra. Rosnelly
- b. Jenis Kelamamin : Perempuan
- c. NIP : 131285355
- d. Disiplin Ilmu : Pendidikan Teknik Elektr
- e. Pangkat/ Gol : Penata / III b
- f. Jabatan Fungsional : Asisten Ahly

- g. Fakultas/ Program Studi :Fak.Teknik/Teknik Elektro
h. Waktu untuk penelitian : 16 jam per minggu

Anggota Peneliti 4

- a. Nama : Drs. Djadid Thamrin
b. Jenis Kelamin : laki-laki
c. NIP : 131231354
d. Disiplin Ilmu : Pendidikan Teknik Elektr
e. Pangkat/ Gol : Penata / III d
f. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
g. Fakultas/ Program Studi :Fak.Teknik/Teknik Elektro
h. Waktu untuk penelitian : 16 jam per minggu



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
(STATE UNIVERSITY OF MEDAN)
LEMBAGA PENELITIAN
(RESEARCH INSTITUTE)

Jl. W. Iskandar Psr. V-kotak Pos No.1589 – Medan 20221 Telp. (061) 6636757, 6614002, 6613319,
e-mail: penelitian.unimed@gmail.com; penelitian_unimed@yahoo.com

SURAT PERJANJIAN KERJA
No. 155/H33.8/KEP/PL/2008

Pada hari ini Senin tanggal empat belas bulan April tahun dua ribu delapan, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Dr. Ridwan A. Sani, M.Si :Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan, dan atas nama Rektor Unimed, dan dalam perjanjian ini disebut PIHAK PERTAMA.
2. Drs. Maju Lomban Gaol, M.Pd :Dosen FT bertindak sebagai Peneliti/Ketua pelaksana penelitian, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Kedua belah pihak secara bersama-sama telah sepakat mengadakan Surat Perjanjian Kerja (SPK) untuk melakukan penelitian sebagai berikut :

Pasal 1

Berdasarkan SK Rektor tanggal 29 April 2008 Nomor : 0132A/H33.11/KU/2008 dan SPMK Pejabat Komitmen 5584 Unimed, tanggal 29 April 2008 Nomor : 037A/H33.11/KU/2008, PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima tugas tersebut untuk melaksanakan/mengkoordinasi pelaksanaan penelitian Dana Rutin, berjudul :

"Pengaruh Frekuensi Gelombang Ultrasonik Terhadap Pola Perilaku Gerak Belalang Kumpara Sebagai Pengendali Hama Pertanian Secara Elektronik "

Yang berada di bawah tanggung jawab/ yang diketahui oleh : PIHAK KEDUA dengan masa kerja 6 (enam) bulan, dihitung sejak SPK ini ditanda tangani.

Pasal 2

1. PIHAK PERTAMA memberikan dana penelitian tersebut pada pasal 1 sebesar Rp. 3.000.000,- (Tiga juta rupiah) yang diberikan secara bertahap.
2. Tahap pertama sebesar 70% yaitu Rp. 2.100.000,- (Dua juta seratus ribu rupiah) dibayarkan sewaktu Surat Perjanjian Kerja ini ditandatangani oleh kedua belah pihak.
3. Tahap kedua sebesar 30% yaitu Rp. 900.000,- (Sembilan ratus ribu rupiah) dibayarkan setelah PIHAK KEDUA menyerahkan laporan hasil penelitian kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 3

1. PIHAK KEDUA mengajukan/menyerahkan rincian anggaran biaya (RAB) pelaksanaan penelitian sesuai dengan besarnya dana penelitian yang telah disetujui oleh Rektor Unimed dan pengalokasian dana mengikuti peraturan yang berlaku.
2. Semua kewajiban yang berkaitan dengan pengelolaan keuangan dan aset Negara termasuk kewajiban memungut dan menyetorkan pajak dibebankan kepada PIHAK KEDUA.

Pasal 4

1. PIHAK KEDUA harus menyelesaikan penelitian serta menyerahkan sebanyak 8 (delapan) eksemplar laporan hasil penelitian Dana rutin kepada PIHAK PERTAMA sebagaimana yang dimaksud dalam pasal 1 (selambat-lambatnya 17 Oktober 2008) dan 2 (dua) buah naskah artikel ilmiah hasil penelitian dalam bentuk "Hard Copy" disertai dengan file (Soft copy) dalam 1 (satu) buah *Compact Disk* (CD).
2. Sebelum laporan akhir penelitian diselesaikan, PIHAK KEDUA melakukan diseminasi hasil penelitiannya melalui forum yang dikoordinasikan oleh Lembaga Penelitian UNIMED yang pembiayaannya dibebankan kepada PIHAK KEDUA.
3. Bahan Seminar dimaksudkan pada ayat (2) disampaikan ke Lembaga Penelitian Unimed sebanyak 5 (lima) eksemplar, diketik satu setengah spasi ukuran kuarto, disertai file elektronik dalam format MICROSOFT WORD.
4. Bukti Pengeluaran keuangan menjadi arsip pada PIHAK KEDUA atau PIHAK LAIN yang berkepentingan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Pasal 5

1. PIHAK KEDUA harus mengirim laporan penelitian dimaksud dalam pasal 3.1 kepada :
 - 1.1. PIHAK KEDUA menyerahkan laporan kepada pihak pertama sebanyak 8 eksemplar
 - 1.2. PIHAK KEDUA memberikan hasil laporan kepada anggota-anggota peneliti.
 - 1.3. PIHAK PERTAMA menyerahkan laporan kepada pejabat pembuat Komitmen 5584 sebanyak 3 eksemplar.
 - 1.4. PIHAK PERTAMA menyerahkan laporan kepada Dekan Fakultas 2 eksemplar.
 - 1.5. PIHAK PERTAMA menyerahkan laporan kepada perpustakaan Unimed sebanyak 2 eksemplar.
 - 1.6. PIHAK PERTAMA mengarsipkan laporan sebanyak 1 eksemplar.

Pasal 6

- Laporan hasil penelitian yang tersebut dalam pasal 3 harus memenuhi ketentuan sbb:
- a. Bentuk kuarto
 - b. Warna kulit biru tua
 - c. Sampul kertas jeruk
 - d. Dibagian bawah kulit depan ditulis dibiayai dengan dana dana Rutin Unimed sesuai dengan kontrak kerja Nomor : No. 155 /H33.8/KEP/PL/2008 tanggal 14 April 2008.

Pasal 7

Keterlambatan PIHAK KEDUA dalam menyelesaikan penelitian ini dikenakan denda 1% perhari, dengan maksimum denda 5% dari kontrak, denda tersebut diserahkan kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 8

Hak cipta penelitian tersebut pada PIHAK KEDUA, sedangkan untuk penggandaan dan penyebaran laporan hasil penelitian berada dalam PIHAK PERTAMA.

Pasal 9

Surat perjanjian kerja ini dibuat rangkap 5 (lima) satu rangkap untuk PIHAK PERTAMA satu rangkap untuk PIHAK KEDUA, dan selainnya bagi pihak yang berkepentingan untuk diketahui. Hal-hal yang belum diatur dalam surat perjanjian kerja ini akan ditentukan kemudian oleh kedua belah pihak.

PIHAK PERTAMA

PIHAK KEDUA

Dr. Ridwan A. Sani, M.Si
NIP. 131772614

Drs. Maju Lomban Gaol, M.Pd
NIP. 131765619



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

**Jl. Willien Iskandar Ps. V Medan Estate Kotak Pos. No. 1589
Telp. (061) 6625971, Fax (061) 6614002**

SURAT KETERANGAN

NO : /J.39.5.1 / PL / 2008-10-06

**Hal : Pelaksanaan Peneliti. An
Tim Peneliti Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik UNIMED Medan**

**Yang bertanda tangan dibawah ini, Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas
Teknik Universitas Negeri Medan menerangkan bahwa:**

**Nama : Drs. Maju Lumban Gaol, M.Pd
NIP : 131765619
Jabatan : Dosen Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan**

**Adalah benar telah melaksanakan penelitian di Laboratorium Jurusan Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan terhitung 14 pebruari s/d 28
oktober 2008, dengan judul: *Pengaruh Frekuensi Gelombang Ultrasonik
Terhadap Pola Perilaku Gerak Belalang Kumbara Sebagai Pengendali Hama
Pertanian Secara Elektronik***

Demikianlah surat keterangan ini dibuat, untuk dapat digunakan seperlunya

Medan, 6 oktober 2008

Ketua Jurusan,

**Drs. Haposan Manullang, ST, M.Pd
NIP. 130681391**