

**PENGARUH BUNYI *LOVEBIRD* TERMANIPULASI PADA RENTANG
FREKUENSI 3100-5400 HZ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN
PRODUKTIVITAS TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**

SKRIPSI

Oleh:

IHZATTUL ISLAMIYA
NIM. 18640052



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**PENGARUH BUNYI *LOVEBIRD* TERMANIPULASI PADA RENTANG
FREKUENSI 3100-5400 HZ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN
PRODUKTIVITAS TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjan (S.Si)**

Oleh:

**IHZATTUL ISLAMIYA
NIM. 18640052**

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH BUNYI *LOVEBIRD* TERMANIPULASI PADA RENTANG
FREKUENSI 3100-5400 HZ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN
PRODUKTIVITAS TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)

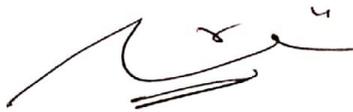
SKRIPSI

Oleh:

Ihzattul Islamiya
NIM. 18640052

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 31 Maret 2022

Pembimbing I



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
NIP. 19750808 199903 1 003

Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH BUNYI *LOVEBIRD* TERMANIPULASI PADA RENTANG FREKUENSI 3100-5400 HZ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill)

SKRIPSI

Oleh:

Ihzattul Islamiya
NIM. 18640052

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 4 April 2022

Penguji Utama	<u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 003	
Ketua Penguji	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP.19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Irham Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Izhattul Islamiya
NIM : 18640052
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill.)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang telah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang di kutip dalam naskah ini dan disebabkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Malang, April 2022
Yang Membuat Pernyataan



Izhattul Islamiya
18640052

MOTTO

Saat berdoa jangan lupa doakan orang lain
karena doa baik atau buruk akan kembali ke diri kita sendiri

Jangan bandingkan diri kalian dengan orang lain
karena proses tiap individu berbeda-beda

Ilmu harus dibagi, jangan disimpan sendiri!

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillah

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ibu Kartining dan Bapak M. Khusyairi untuk segala dukungan, semangat, dan doa yang tiap hari diberikan sehingga saya dapat melewati segala rintangan dengan baik hingga saat ini.
2. Adikku Alfian dan Kakakku Fitriana untuk bantuan dan motivasinya selama ini.
3. Segenap dosen dan pembimbing untuk segala ilmu, dukungan, dan bimbingan yang telah diberikan semoga dapat bermanfaat di dunia dan akhirat.
4. Teman-teman angkatan 2018 Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang untuk segala bantuan dan motivasinya sehingga skripsi ini selesai dengan baik.

Terima kasih atas semangat dan doa yang telah disalurkan kepada saya selama ini, semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua. Aamiin.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamin, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, serta kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Pengaruh Bunyi Lovebird Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill" sebagai salah satu syarat memenuhi tugas akhir di Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Tak lupa pula shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Rasulullah SAW yang telah diutus ke bumi sebagai lentera bagi hati manusia. Pada kesempatan ini, tak lupa juga penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof Dr H. M Zainuddin MA., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes., selaku Dosen Pembimbing Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Drs. Abdul Basid, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Integrasi Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
7. Ibu dan Ayah yang selalu mendo'akan dan selalu memberi dukungan untuk putrinya dalam segala hal.
8. Teman-teman angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi.

9. Sahabat-sahabat serta teman dekat yang telah membantu dan memberikan semangat dalam proses pengerjaan ttugas akhir ini.
10. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kesuksesan dalam penulisan tugas akhir ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dan kekeliruan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama. Aamiin Ya Rabbal ‘Alamin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, 19 Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
المخلص	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gelombang Bunyi	7
2.2 Kualitas Bunyi	9
2.2.1 Frekuensi Bunyi	9
2.2.2 Intensitas Bunyi	9
2.3 Cepat Rambat Gelombang	11
2.3.1 Cepat Rambat	11
2.3.2 Cepat Rambat Bunyi	12
2.4 Pengaruh Gelombang Bunyi Pada Tanaman	12
2.5 <i>Sonic Bloom</i>	14
2.5.1 Sejarah <i>Sonic Bloom</i>	16
2.5.2 Mekanisme <i>Sonic Bloom</i>	17
2.6 Kedelai	18
2.6.1 Klasifikasi Kedelai	19
2.6.2 Syarat Tumbuh Kedelai	19
2.7 Kajian Kedelai	20
2.8 Kajian Tentang Stomata	21
2.8.1 Transpirasi	21
2.8.2 Anatomi Stomata	21
2.8.3 Mekanisme Terbuka dan Tertutupnya Stomata	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	24

3.4 Identifikasi Variabel Penelitian	25
3.4.1 Variabel Bebas	25
3.4.2 Variabel Terikat	25
3.4.3 Variabel Kontrol	25
3.5 Desain Perangkat	26
3.6 Alat dan Bahan	27
3.6.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian.....	27
3.6.1.1 Peralatan Memberi Perlakuan Bunyi Pada Tanaman	27
3.6.1.2 Peralatan Mengukur Tinggi Tanaman dan Diameter Batang	27
3.6.1.3 Peralatan Mengambil Sampel dan Menganalisis Stomata.....	27
3.6.1.4 Peralatan Mengukur Massa Hasil Panen Kedelai	27
3.6.2 Bahan-Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.....	28
3.7 Bagan Alur Penelitian	29
3.7.1 Diagram Alir	29
3.7.2 Prosedur	30
3.7.2.1 Persiapan.....	30
3.7.2.2 Validasi Bunyi	30
3.7.2.3 Pembuatan Desain Lokasi Penelitian.....	30
3.7.2.4 Penentuan Sampel.....	31
3.7.2.5 Prosedur Penanaman dan Perawatan Kedelai.....	32
3.7.2.6 Prosedur Pemberian Paparan Bunyi Pada Tanaman Kedelai	32
3.7.2.7 Pengambilan Data Lapangan	33
3.8 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	35
3.8.1 Metode Pengumpulan Data.....	35
3.8.2 Metode Analisis Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Data Hasil Penelitian	39
4.1.1 Penyebaran Taraf Intensitas Bunyi	39
4.1.2 Validasi Frekuensi Bunyi.....	40
4.1.1.1 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3100-3600 Hz	41
4.1.1.2 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3700-4200 Hz	42
4.1.1.3 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4300-4800 Hz	43
4.1.1.4 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4900-5400 Hz	44
4.1.3 Pengaruh Bunyi <i>Lovebird</i> Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Luas Bukaan Stomata Daun	45
4.1.2.1 Kelompok Tanaman Tanpa Pemaparan/0 Hz.....	48
4.1.2.2 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3100-3600 Hz	48
4.1.2.3 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3700-4200 Hz	49
4.1.2.4 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4300-4800 Hz	49
4.1.2.5 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4900-5400 Hz	50

4.1.4 Pengaruh Bunyi <i>Lovebird</i> Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Tinggi Tanaman	50
4.1.5 Pengaruh Bunyi <i>Lovebird</i> Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Diameter Batang	53
4.1.6 Pengaruh Bunyi <i>Lovebird</i> Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Massa Hasil Panen.....	56
4.2 Pembahasan	59
4.3 Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam.....	64
BAB V PENUTUP	68
5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Gelombang Longitudinal dan Gelombang Transversal	7
Gambar 2. 2	Kedelai	18
Gambar 2. 3	Proses Terbuka dan Tertutupnya Stomata Daun	23
Gambar 2. 4	Skema Hubungan Getaran Bunyi Terhadap Pembukaan Stomata	23
Gambar 3. 1	Desain Perangkat Audio Bio Harmonic	26
Gambar 3. 2	Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3. 3	Desain Lokasi Penelitian.....	31
Gambar 4. 1	Diagram Penyebaran Taraf Intensitas Bunyi (dB) Tiap Ulangan .	40
Gambar 4. 2	Gelombang Bunyi Lovebird Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-3600 Hz	41
Gambar 4. 3	Gelombang Bunyi Lovebird Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3800-4200 Hz	42
Gambar 4. 4	Gelombang Bunyi Lovebird Termanipulasi Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 4300-4800 Hz	43
Gambar 4. 5	Gelombang Bunyi Lovebird Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 4900-5400 Hz	44
Gambar 4. 6	Hubungan Frekuensi (Hz) Terhadap Luas Bukaan Stomata Daun (μm^2).....	46
Gambar 4. 7	Frekuensi 0 Hz (a) Panjang Bukaan Stomata (b) Lebar Bukaan Stomata	48
Gambar 4. 8	Frekuensi 3100-3600 Hz (a) Panjang Bukaan Stomata (b) Lebar Bukaan Stomata.....	49
Gambar 4. 9	Frekuensi 3700-4200 Hz (a) Panjang Bukaan Stomata Daun (b) Lebar Bukaan Stomata Daun.....	49
Gambar 4. 10	Frekuensi 4300-4800 Hz (a) Panjang Bukaan Stomata (b) Lebar Bukaan Stomata.....	50
Gambar 4. 11	Frekuensi 4900-5400 Hz (a) Panjang Bukaan Stomata (b) Lebar Bukaan Stomata.....	50
Gambar 4. 12	Hubungan Frekuensi (Hz) dan Umur Tanaman (hari) Terhadap Tinggi Tanaman (cm).....	51
Gambar 4. 13	Hubungan Frekuensi (Hz) dan Umur Tanaman (hari) Terhadap Diameter Batang (mm).....	54
Gambar 4. 14	Hubungan Frekuensi (Hz) Terhadap Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Taraf Intensitas Bunyi (dB)	10
Tabel 2. 2	Klasifikasi Kedelai	19
Tabel 2. 3	Deskripsi Varietas Denasa-1	20
Tabel 3. 1	Luas Bukaan Stomata Daun (μm)	36
Tabel 3. 2	Tinggi Tanaman (cm)	36
Tabel 3. 3	Diameter Batang (mm)	36
Tabel 3. 4	Massa Panen (gram)	37
Tabel 3. 5	Taraf Intensitas Bunyi (dB)	37
Tabel 4. 1	Data Taraf Intensitas Bunyi (dB)	39
Tabel 4. 2	Tabel Luas Bukaan Stomata Daun	46
Tabel 4. 3	Hasil Uji ANOVA Pada Luas Bukaan Stomata	47
Tabel 4. 4	Hasil Uji DMRT 5% Pada Luas Bukaan Stomata	47
Tabel 4. 5	Data Tinggi Tanaman (cm)	51
Tabel 4. 6	Hasil Uji ANOVA Pada Tinggi Tanaman	52
Tabel 4. 7	Hasil uji DMRT 5% Pada Tinggi Tanaman	53
Tabel 4. 8	Data Diameter Batang (mm)	54
Tabel 4. 9	Hasil uji ANOVA Pada Diameter Batang	55
Tabel 4. 10	Hasil uji DMRT 5% Pada Diameter Batang	56
Tabel 4. 11	Data Massa Hasil Panen (gr)	57
Tabel 4. 12	Hasil Uji ANOVA Pada Massa Hasil Panen	58
Tabel 4. 13	Hasil Uji DMRT 5% Pada Massa Hasil Panen	58

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Luas Bukaan Stomata Daun (μm^2)
- Lampiran 2 Data Tinggi Tanaman (cm) dan Diameter Batang (mm)
- Lampiran 3 Data Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)
- Lampiran 4 Data Taraf Intensitas Bunyi (dB)
- Lampiran 5 Hasil Uji DMRT 5%
- Lampiran 6 Dokumentasi Selama Penelitian

ABSTRAK

Islamiya, Ihzattul. 2022. **Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.)**. Skripsi. Program Studi Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen Pembimbing (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Kata Kunci: Gelombang Bunyi, Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman, Kedelai

Indonesia merupakan negara agraris yang mengimpor kedelai dengan jumlah yang cenderung tinggi, hal ini dikarenakan kedelai dalam negeri yang tidak mampu memenuhi jumlah permintaan pasar. Masalah ini harusnya segera diatasi oleh pemerintah agar dapat meningkatkan produksi dalam negeri salah satunya dengan lebih memperhatikan budidaya dan perawatan tanaman yang baik menggunakan benih dan pupuk yang unggul. Metode tersebut kurang maksimal karena waktu yang terbatas seperti penggunaan pupuk akan maksimal saat stomata terbuka pada pagi hari. Maka diperlukan terobosan baru dengan teknologi *sonic bloom* yang tak merusak lingkungan sekitar untuk memaksimalkan pembukaan stomata agar aktivitas penyerapan zat hara dan nutrisi lebih baik daripada tanpa penggunaan teknologi *sonic bloom* ini. Teknologi *sonic bloom* merupakan teknik yang memanfaatkan gelombang bunyi pada frekuensi tertentu untuk menstimulasi pembukaan stomata pada tanaman. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bunyi terhadap luas bukaan stomata, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil panen tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.). Penelitian ini menggunakan benih kedelai Denasa-1 yang diperoleh dari BALITKABI (Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi). Terdapat 5 variasi frekuensi gelombang bunyi yakni: 0 Hz, 3100-3600 Hz, 3700-4200 Hz, 4300-4800 Hz, 4900-5400 Hz. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa gelombang bunyi berpengaruh positif dalam meningkatkan luas bukaan stomata, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil panen. Pada variasi frekuensi yang tinggi menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai semakin baik. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa pada frekuensi gelombang bunyi yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai adalah 3700-5400 Hz. Pada frekuensi gelombang bunyi 4900-5400 Hz ini tanaman kedelai menghasilkan massa hasil panen yang besar.

ABSTRACT

Islamiya, Ihzattul. 2022. **The Effect of Manipulated Lovebird Sounds in the Frequency Range 3100-5400 Hz on Growth and Productivity of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.)**. Thesis. Program Study of Physics. Faculty of Science and Technology. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor (I) Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Drs. Abdul Basid, M.Si

Keywords: Sound Wave, Plant Growth and Productivity, Soybean

Indonesia is an agricultural country that imports soybeans in high quantities, this is because domestic soybeans are unable to meet market demand. This problem should be immediately addressed by the government in order to increase domestic production, one of which is by paying more attention to cultivation and good plant care using superior seeds and fertilizers. This method is less than optimal because of limited time such as the use of fertilizer will be maximized when the stomata are open in the morning. So we need a new breakthrough with sonic bloom technology that does not damage the surrounding environment to maximize stomata opening so that nutrient and nutrient absorption activities are better than without the use of sonic bloom technology. Sonic bloom technology is a technique that uses sound waves at a certain frequency to stimulate the opening of stomata in plants. The purpose of this study was to determine the effect of sound on stomata opening area, plant height, stem diameter, and yield mass of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.). This study used Denasa-1 soybean seeds obtained from BALITKABI (Center for Research on Various Nuts and Tubers). There are 5 variations in the frequency of sound waves, namely: 0 Hz, 3100-3600 Hz, 3700-4200 Hz, 4300-4800 Hz, 4900-5400 Hz. The results of this study indicate that sound waves have a positive effect in increasing stomatal opening area, plant height, stem diameter, and harvest mass. At a high frequency variation indicates that the increase in growth and productivity of soybean plants is getting better. Therefore, it can be concluded that at the frequency of sound waves the most effective in increasing the growth of soybean plants is 3700-5400 Hz. At this frequency of sound waves from 4900-5400 Hz, soybean plants produce large mass yields.

الملخص

اسلاميا, اهزانتول. 2022. تأثير أصوات طيور الحب المعالجة في النطاق الترددي 3100-5400 هرتز على نمو وإنتاجية فول الصويا (*Glycine max (L.) Merrill*). البحث العلمي. برنامج دراسة الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (I) الدكتور أكوس موليونو, الماجستير (II) عبد الباسط, الماجستير.

الكلمات الرئيسية: الموجة الصوتية ، نمو النبات وإنتاجيته ، فول الصويا

إندونيسيا بلد زراعي يستورد فول الصويا بكميات كبيرة ، وذلك لأن فول الصويا المحلي غير قادر على تلبية طلب السوق. يجب أن تعالج الحكومة هذه المشكلة على الفور من أجل زيادة الإنتاج المحلي ، وإحدى هذه المشكلات هي إيلاء المزيد من الاهتمام للزراعة والعناية الجيدة بالنباتات باستخدام البذور والأسمدة الممتازة. هذه الطريقة أقل من الأمثل بسبب الوقت المحدود مثل استخدام الأسمدة سيتم تعظيمها عندما تكون الثغور مفتوحة في الصباح. لذلك نحن بحاجة إلى اختراق جديد مع تقنية سونيك بلوم التي لا تضر بالبيئة المحيطة لتعظيم فتح الثغور بحيث يكون نشاط امتصاص المغذيات والمغذيات أفضل من دون استخدام تقنية الإزهار الصوتي. تقنية Sonic bloom هي تقنية تستخدم الموجات الصوتية بتردد معين لتحفيز فتح الثغور في النباتات. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير الصوت على منطقة فتح الثغور ، وارتفاع النبات ، وقطر الساق ، والكتلة المحصولية لفول الصويا (*Glycine max (L.) Merrill*). استخدمت هذه الدراسة بذور فول الصويا Denasa-1 التي تم الحصول عليها من BALITKABI (مركز أبحاث المكسرات والدرنات المختلفة). هناك 5 اختلافات في تردد الموجات الصوتية ، وهي: 0 هرتز ، 3100-3600 هرتز ، 3700-4200 هرتز ، 4300-4800 هرتز ، 4900-5400 هرتز. تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن الموجات الصوتية لها تأثير إيجابي في زيادة مساحة فتح الثغور وارتفاع النبات وقطر الساق وكتلة الحصاد. في تباين عالي التردد يشير إلى أن الزيادة في نمو وإنتاجية نباتات فول الصويا تتحسن. لذلك ، يمكن الاستنتاج أنه عند تردد الموجات الصوتية ، فإن الأكثر فاعلية في زيادة نمو نباتات فول الصويا هو 3700-5400 هرتز. عند هذا التردد من الموجات الصوتية من 4900-5400 هرتز ، تنتج نباتات فول الصويا عوائد جماعية كبيرة.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia disebut dengan negara agraris dibuktikan dengan pemerintahan yang mengandalkan bidang pertanian untuk penopang perekonomian negeri, maka tidak heran mayoritas penduduk Indonesia mata pencahariannya dalam bidang pertanian. Kondisi tanah pertanian di Indonesia sangat subur dikarenakan terdapat banyak gunungapi sehingga pertanian sebagai salah satunya sumber pengahasilan. Salah satu target pemerintahan Indonesia adalah ingin meningkatkan swasembada pangan dalam negeri untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat. Beberapa tanaman pangan di Indonesia, seperti padi, kedelai, ketela, jagung, dan lain sebagainya.

Indonesia ialah salah satunya negara konsumsi kedelai tertinggi di dunia dengan jumlah impor masih cenderung tinggi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), nilai impor kedelai di Indonesia tahun 2020 saat semester 1 sekitar 1.27 juta ton. Namun pada tahun sebelumnya, nilai impor kedelai hingga 2.67 juta ton di tahun 2017, sebesar 2.58 juta ton di tahun 2018, serta 2.67 juta ton di pada tahun 2019. Akibat kesenjangan antara permintaan dan penawaran kegiatan impor dapat terjadi, dan kedelai nasional tidak dapat menyaingi kedelai impor dengan kualitas tinggi yang berharga lebih rendah. Banyak faktor yang mempengaruhi rendahnya kualitas dan produksi kedelai dalam negeri sehingga petani nasional masih belum bisa memaksimalkan produksinya. Upaya yang harus dilakukan agar kedelai nasional dapat terserap di pasaran adalah meningkatkan produktivitas dan mutu kedelai menggunakan benih, pupuk, dan sarana prasarana produksi lainnya yang

baik. Untuk meningkatkan kualitas dan mutu tanaman dapat dilakukan penerapan teknologi. Teknologi semakin maju seiring dengan perkembangan zaman, salah satunya adalah gelombang bunyi yang dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Teknologi gelombang bunyi akhir-akhir ini diterapkan pada berbagai tahap pertumbuhan fisiologis tanaman, contohnya tahap berkecambah, tumbuhnya kalus, hormon endogen, proses fotosintesis, dan transkripsi gen tertentu. Stimulasi bunyi dapat meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan menurunkan kebutuhan akan pupuk kimia dan biosida (Junfang, 2012) . Energi dari gelombang bunyi yang merambat dapat mempengaruhi stomata daun serta aktivitas enzim (Suwardi, 2010) diharapkan proses berkecambah pada tanaman kedelai lebih efisien dan maksimal.

Teknologi *sonic bloom* merupakan inovasi baru yang dapat menstimulasi tanaman agar tumbuh lebih baik. Teknologi *sonic bloom* menggunakan gelombang bunyi dengan frekuensi tinggi bertujuan mendorong pembukaan stomata (Mulyadi, Mairani and Sunandar, 2005). Teknologi *sonic bloom* ialah salah satu cara penyuburan tanaman dengan pemberian paparan bunyi range frekuensi 3000-5000 Hz yang memacu membukanya stomata daun serta dibarengi dengan pemberian pupuk untuk nutrisi daun. Teknologi *sonic bloom* dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil. Pengaruh gelombang bunyi dari teknologi *sonic bloom* ini diamati dari luas bukaan stomata daun tanaman maka aktivitas fotosintesis pada tanaman optimal. Teknologi memanfaatkan frekuensi gelombang bunyi dapat merangsang stomata daun untuk terbuka yang mampu meningkatkan serapan pupuk yang diberikan pada tanaman (Hassanien *et al.*, 2014). Tak hanya itu saja, gelombang suara dinilai ampuh untuk memasukkan herbisida ke dalam tanaman, oleh karena itu gelombang suara dapat mengurangi kebutuhan pupuk kimia dan pestisida

(Hassanien *et al.*, 2014). Dalam surah Ar-Ra'd ayat 4 dijelaskan mengenai makhluk hidup yang berdampingan termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan.

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُتَّجِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ وَصِنَوَانٌ وَعَايِرٌ صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ
وَاحِدٍ وَنُفْضِلٌ بَعْضُهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ٤

"Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon kurma yang bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebagian tanam-tanaman atas sebagian yang lain dalam rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berpikir." (QS Ar Ra'd [13]: 4)

Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT menciptakan alam semesta dan makhluk hidup berdampingan salah satunya adalah tanaman atau tumbuhan dan seluruhnya yang ada dalam alam semesta diciptakan agar dapat dinikmati, dimanfaatkan dengan baik, dan dijadikan pelajaran bagi mereka yang mau berpikir.

Gelombang bunyi dapat berpengaruh dan berperan penting dalam produktivitas tanaman (Bochu, Yoshikoshi and Sakanishi, 1998; Bochu *et al.*, 2001, 2003) dengan frekuensi dan intensitas tertentu. Diketahui pengaruh gelombang bunyi pada tumbuhan (biologi akustik) saat ini sedang berkembang dan populer (Hassanien *et al.*, 2014). Bunyi merupakan energi akustik dalam bentuk gelombang tekanan yang dapat ditransmisikan melalui gas, cairan, dan padatan. Klasifikasi gelombang bunyi ada tiga macam, yakni ultrasonik, audiosonik, dan infrasonik. Audiosonik adalah suara bisa masuk di telinga manusia termasuk dalam frekuensi mulai dari 20-20.000 Hz, sedangkan suara yang melebihi 20.000 Hz adalah ultrasonik dan kurang dari 20 Hz adalah infrasonik. (Chowdhury, Lim and Bae, 2014). Infrasonik telah diaplikasikan dalam diagnosis infrasonik dan infrasonik terapeutik. Sedangkan ultrasonografi telah banyak digunakan dalam praktik medis

kurang lebih selama 50 tahun sebagai alat diagnostik dan terapeutik. Infrasonik dan ultrasonografi dapat berinteraksi dengan jaringan biologis melalui proses termal dan mekanis (O'Brien, 2007; Whittingham, 2007; Rokhina, Lens and Virkutyte, 2009).

Meningkatnya hasil tanaman yang diterapkan teknologi *sonic bloom*, itu merupakan inovasi baru guna mengaplikasikan teknologi *sonic bloom* untuk opsi teknologi baru peningkatan produksi tanaman. Keefektifan teknologi *sonic bloom* terganggu jika terkena dampak kekeringan, diserang hama dan penyakit, serta minimnya zat hara (Yulianto, 2008).

Pengaplikasian gelombang bunyi untuk meningkatkan produktivitas tanaman telah lama dilakukan. Penelitian Singh (1960) yang mengamati pengaruh gelombang bunyi pada tanaman padi memperoleh hasil panen 25-60% lebih tinggi dari biasanya. Menurut Suwardi (2010) dalam penelitiannya dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan benih kedelai. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Rahmaniah and Nurjannah, 2017) menggunakan gelombang bunyi diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan gelombang bunyi pada frekuensi tertentu mendapatkan hasil paling baik untuk benih jagung dan kacang hijau.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka penulis ingin melakukan penelitian ini dan mengkaji penggunaan bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai karena tipe gelombang bunyi memiliki potensi untuk meningkatkan mutu dan produktivitas tanaman. Diharapkan tujuan peneliti untuk mengkaji penggunaan frekuensi gelombang bunyi dapat tercapai sehingga nantinya dapat diterapkan oleh

petani kedelai dalam meningkatkan mutu dan produktivitas tanaman sehingga kedelai nasional dapat terserap di pasar dan bersaing dengan kedelai impor.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah berdasarkan latar belakang di atas:

1. Bagaimana pengaruh frekuensi bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap luas bukaan stomata daun, tinggi tanaman, dan diameter batang pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)?
2. Bagaimana pengaruh frekuensi bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap massa hasil panen tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh frekuensi gelombang bunyi terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

Tujuan khusus penelitian ini diantaranya:

1. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap luas bukaan stomata daun, tinggi tanaman, dan diameter batang pada tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill).
2. Untuk mengetahui pengaruh frekuensi bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap massa hasil panen tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill).

1.4 Batasan Penelitian

Berikut beberapa batasan penelitian ini:

1. Sumber bunyi yang dipergunakan ialah suara burung *lovebird* termanipulasi dari *audio bio harmonic* (ABH) yang disediakan.
2. Luas bukaan stomata dihitung menggunakan persamaan ellips.
3. Pengaruh lingkungan yakni media tanam, air, serta cahaya matahari dianggap sama pada seluruh kelompok tanaman.
4. Rentang taraf intensitas bunyi pada penelitian adalah 72.5-79.8 dB.

1.5 Manfaat Penelitian

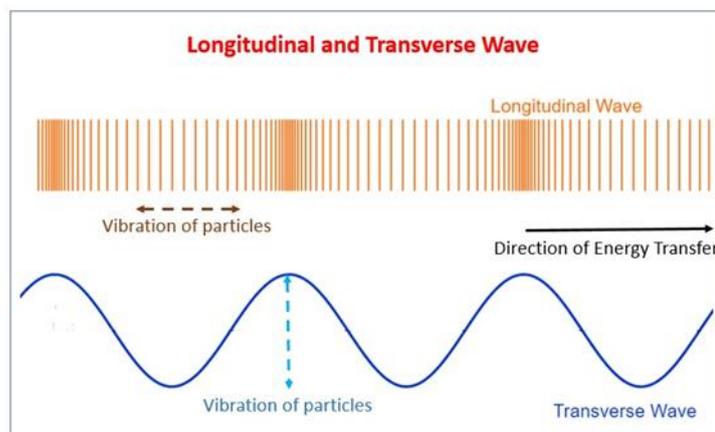
Berikut manfaat penelitian bagi beberapa pihak:

1. Dapat memberikan informasi mengenai pengaruh frekuensi bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap luas bukaan stomata daun, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil panen tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).
2. Dapat menerapkan frekuensi gelombang bunyi tertentu sebagai teknologi tepat guna untuk meningkatkan produktivitas kedelai (*Glycine max* L. Merrill).
3. Dapat memberikan ilmu pengetahuan baru bagi mahasiswa tentang hubungan ilmu fisika, biologi, dan pertanian yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan produktivitas tanaman.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Bunyi

Bunyi adalah salah satu jenis gelombang mekanik berdasarkan mediumnya jenis gelombang longitudinal berdasarkan perambatannya. Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal dengan molekul udara yang tak merambat tetapi bergerak maju dan mundur. Molekul tersebut menyesuaikan mediumnya sampai menghasilkan tekanan tinggi tetapi pada medium lainnya mengendur sampai membentuk area dengan tekanan rendah. Bunyi bergetar sehingga dapat didengar dari material sebagai sumbernya yang menggetarkan udara di sekitar serta merambat sampai ke telinga. Pada rentang frekuensi antara 20 Hz hingga 20 kHz adalah yang bunyi yang dapat didengae oleh manusia (Soedojo, 2004).



Gambar 2. 1 Gelombang Longitudinal dan Gelombang Transversal (Gallagher, 2019)

Bunyi diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan frekuensinya, yakni bunyi ultrasonik, audiosonik, serta infrasonik. Frekuensi bunyi di bawah 20 Hz ialah gelombang bunyi infrasonik atau infrasound. Jenis bunyi ini tak bisa didengar manusia sebab telinga manusia tak dapat menjangkau. Frekuensi bunyi di atas 20

kHz disebut dengan bunyi ultrasonik (ultrasound), contohnya gelombang dari suara kelalawar dan alat-alat tertentu. Gelombang audiosonik atau audiosound memiliki frekuensi sekitar 20 Hz hingga 20 kHz merupakan bunyi bisa didengarkab oleh manusia, contohnya suara televisi, radio, mobil, dan manusia (Zemansky, 1999).

Bunyi memiliki warna bunyi (*timbre*), timbre yaitu keunikan setiap bunyi yang disebabkan oleh terlibatnya bunyi lain yang bersama dengan bunyi aslinya. Warna bunyi memiliki frekuensi yang sama mengikuti frekuensi spesifik untuk jumlah dan tingkat frekeunsinya yang mencirikan sumber bunyi.

Selanjutnya terdapat uraian permasalahan yang diaplikasikan pada gelombang bunyi yang merambat dalam x positif saja. Gelombang ini diuraikan dalam persamaan $\Psi(x, t)$, dengan pergeseran y partikel dalam medium pada jarak x dan waktu t. Apabila gelombang sinusoidal dapat didefinisikan menggunakan rumus:

$$\Psi(x, t) = A \sin(\omega t - kx) \quad (2.1)$$

Keterangan:

Ψ : Simpangan gelombang (m)

A: Amplitudo (m)

k: Bilangan gelombang (rad/m)

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

x: Jarak (m)

t: Waktu (s)

Pada persamaan di atas memperlihatkan pergeseran gelombang longitudinal sejajar dengan arah rambat gelombang, maka jarak x dan jarak simpangan (Ψ) dihitung sejajar tak tegak lurus sama seperti gelombang transversal. Simpangan merupakan jarak partikel ke titik seimbang.

2.2 Kualitas Bunyi

Faktor yang menentukan kualitas bunyi atau suara ada dua karakteristik utama, yakni frekuensi dan intensitas (Suma'mur, 2009).

2.2.1 Frekuensi Bunyi

Frekuensi bunyi (f) merupakan jumlah gelombang yang diterima telinga setiap detik dan mempunyai satuan Hertz (Hz). Beda frekuensi manusia dan hewan adalah manusia mempunyai rentang kepekaan bunyi lebih kecil dibandingkan binatang begitu pula dengan batas atas frekuensi relatif kecil yakni 20 kHz (Kustaman, 2018). Klasifikasi bunyi dibagi menjadi tiga berdasarkan frekuensi yang dapat diterima oleh zat-zat tertentu, yakni infrasonik (<20 Hz), audiosonik (20 Hz-20 kHz), dan ultrasonik (> 20 kHz).

2.2.2 Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi adalah jumlah energi yang mengalir per satuan luas yang dipindahkan oleh gelombang bunyi yang dapat dituliskan dengan (Hugh D. Young & Roger A. Freedman, 2002):

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Dimana P ialah daya gelombang bunyi dan A adalah luas permukaan bunyi. Intensitas bunyi yang terpancar dapat diasumsikan bola khayal maka dapat ditulis dengan (Halliday, Resnick, 2010):

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (2.3)$$

di mana $4\pi r^2$ adalah luas permukaan bola yang dilewati oleh gelombang bunyi. Intensitas memiliki energi satuan daya per satuan waktu atau watt/meter (W/m^2),

telinga manusia dapat mendeteksi dengan intensitas 10^2 W/m^2 (Sunardi, Paramitha Retno P., 2016). Daya pendengaran manusia bersifat logaritmis sehingga juga disebut taraf intensitas bunyi. Taraf intensitas bunyi merupakan perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi yang diukur (I) dengan intensitas ambang pendengaran (I_0):

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.4)$$

Tabel 2. 1 Taraf Intensitas Bunyi (dB) (Jewett dan Serway, 2009 dan Saroyo, 2011)

Taraf Intensitas Bunyi	Keterangan
210 dB	Merusak organ internal tubuh, bahkan kematian
200 dB	Peluncuran roket dari jarak 100 m
160 dB	Batas beban intensitas suara yang bisa ditahan gendang telinga manusia
150 dB	Di dekat pesawat jet
120-140 dB	Ambang rasa sakit, sirene, konser rock, petir
80-100 dB	Lalu lintas yang sangat sibuk, kereta bawah tanah
40-70 dB	Dengungan nyamuk, percakapan biasa (dari jarak 1 m), penyedot debu
0-30 dB	Sangat tenang, daun yang bergoyang, bisik-bisik
0 dB	Ambang pendengaran

Dalam surah Hud ayat 67 menjelaskan tentang suara dengan tingkat taraf intensitas tertentu yang dapat menyebabkan kemudharatan sebagai berikut:

وَآخِذَ الَّذِينَ ظَلَمُوا الصَّيْحَةَ فَأَصْبَحُوا فِي دِيَارِهِمْ جَثِمِينَ ۖ ٦٧

“Suara yang menggelegar juga menimpa orang-orang zalim itu, sehingga mereka mati bergelimpangan di rumah-rumah mereka.” (QS. Hud [11]: 67)

Bunyi yang dikeluarkan memiliki intensitas yang berbeda-beda, contohnya petir dalam tabel 2.1 yang dikategorikan sebagai bunyi dengan ambang rasa sakit dengan taraf intensitas 120-140 dB. Dalam QS. Hud [11]: 67 suara menggelegar

yang disebut adalah petir yang dapat membinasakan orang-orang, petir ialah fenomena alam ditandai dengan kilatan cahaya di langit lalu muncul bunyi bising yang menggelegar. Beda waktu munculnya antara kilatan petir dengan suara petir disebabkan oleh perbedaan antara kecepatan cahaya sehingga suara bising terdengar beberapa saat setelah kilatan terlihat, bahkan bisa menyebabkan gangguan sesaat pada telinga. Pada kasus lain bahkan bisa merusak gendang telinga manusia. Kebisingan terjadi dikarenakan intensitas yang tinggi yang berarti suara lebih keras di mana intensitas sendiri dinyatakan dalam besaran desibel dB (Zulfiqar dkk, 2020).

2.3 Cepat Rambat Gelombang

2.3.1 Cepat Rambat

Biasanya gelombang yang merambat memiliki kecepatan disebut dengan cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang didasarkan pada jenis gelombang dan medium rambatnya. Contohnya, pada kilat dan guntur. Kilat dan guntur biasanya muncul bersamaan, namun kilat terlihat lebih dulu dibandingkan dengan bunyi guntur. Hal tersebut terjadi karena cahaya (kilat) dan bunyi (guntur) mempunyai cepat rambat yang berbeda tergantung dengan mediumnya.

Cepat rambat gelombang merupakan perbandingan perpindahan (s) dengan waktu (t) yang dapat dirumuskan $v = \frac{s}{t}$. Saat gelombang bergerak dengan jarak satu panjang gelombang, maka waktu yang diperlukan gelombang tersebut ialah periodenya sehingga:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (2.5)$$

Periode adalah kebalikan dari frekuensi dan dapat dirumuskan $T = \frac{1}{f}$ sehingga periode (T) dalam rumus di atas bisa dikonversikan dengan frekuensi, maka cepat rambat gelombang ialah perkalian panjang gelombang dan frekwensinya, dapat ditulis sebagai berikut:

$$v = \lambda \cdot f \quad (2.6)$$

2.3.2 Cepat Rambat Bunyi

Bunyi adalah gelombang sehingga bunyi memiliki cepat rambat dengan dua faktor yang mempengaruhi yakni (Deviana, 2015):

1. Kerapatn partikel dalam medium. Makin padat penyusun partikel pada mediumnya, maka makin cepat pula rambat bunyi tersebut sehingga pada zat padat bunyi yang merambat paling cepat.
2. Temperatur medium. Makin tinggi temperatur dalam medium, maka makin cepat rambat bunyi tersebut.

2.4 Pengaruh Gelombang Bunyi Pada Tanaman

Dalam jurnal yang ditulis oleh Yannick Van Dorne dengan judul “*The Effects of Variable Sound Frequencies on Plant Growth and Development*” diuraikan bunyi dengan frekuensi tertentu dapat menstimulasi pembukaan stomata (Doorne, 2000):

1) Bunyi Beresonansi Dengan Objek

Bunyi dapat beresonansi dalam rongga stomata. Dijelaskan oleh (Carlson, 2014), karena permeabilitas membran stomata, penyerapan nutrisi dan hara dapat meningkat. Menurut Weinberger (1973) bunyi beresonansi dalam organel sel,

bunyi dengan frekuensi tertentu beresonansi yang akibatnya meningkatkan gerakan sitoplasma sel.

2) Fenomena Kavitasi

Kavitasi merupakan aktivitas dikarenakan adanya bunyi pada zat cair. Bunyi yang dikeluarkan kemudian terkena sitoplasma sel. Sitoplasma terdiri dari beberapa zat kimia terlarut dan air (Syamsuri, 2003). Bunyi pada frekuensi tertentu dapat memunculkan *microbubbles* pada sitoplasma sel kemudian beresonansi dengan bunyi tersebut sehingga dapat mendorong dinding sel pelindung. Maka dari itu terjadi peningkatan tekanan turgositas dan terbukanya stomata optimal (Syamsuri, 2003).

3) Resonansi Skala

Fisikawan kuantum, Joel Sternheimer (1993) melakukan studi lanjut mengenai teknik resonansi skala. Resonansi skala memanfaatkan sumber bunyi frekuensi tertentu bisa menghidupkan gen tertentu pada sel yang dapat memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan ekspresi sel (Sternheimer, 1999). Ekspresi sel yakni aktivitas di mana kode informasi dalam gen dikonversi jadi protein yang dibutuhkan sel. Teknik resonansi skala ini dapat mendistribusikan urutan bunyi tertentu agar dapat menstimulasi atau menghambat gen protein sesuai dan juga berfungsi untuk mempelajari fungsi protein yang bisa mengoptimisasi pembukaan stomata daun (Sternheimer, 1999).

Sternheimer (1993) menemukan susunan nada dan periode catatan urutan asam amino dalam jurnalnya yang berjudul "*Method For The Regulation of Protein Biosynthesis*", getaran dari bunyi merupakan getaran kuantum yang memberikan pengaruh pada tingkat molekul protein yang terdiri dari reaksi asam

amino. Asam amino adalah zat pemancar sinyal sifat kuantum dari keluaran bunyi frekuensi tertentu. Hasil sinyal bunyi tersebut dapat diartikan dalam notasi bunyi. Penerapan inovasi urutan asam amino dipergunakan untuk mengatur notasi dari bunyi sehingga merangsang pembentukan protein dalam organisme.

2.5 Sonic Bloom

Teknologi *sonic bloom* ialah teknologi baru guna meningkatkan pertumbuhan tanaman. Teknologi *sonic bloom* menggunakan gelombang bunyi berfrekuensi tinggi yang mendorong pembukaan stomata yang digunakan bersamaan pemberian nutrisi (Mulyadi, Mairani and Sunandar, 2005). Pengaplikasian teknologi *sonic bloom* yang dibarengi dengan pemberian nutrisi kepada tanaman dan dipusatkan dalam karakteristik bunyi yang didapatkan oleh tanaman. Gelombang bunyi bisa menstimulasi pembukaan stomata dan memberikan pengaruh pada penyerapan karbondioksida (CO₂) (Prasetyo and Lazuardi, 2017). Gelombang bunyi yang dihasilkan oleh suara atau musik dapat mempengaruhi dalam proses penyerapan nutrisi sehingga dapat meningkatkan hasil fotosintesis (Aprilia dkk, 2017).

Teknologi *sonic bloom* merupakan teknik meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memanfaatkan gelombang bunyi. Aplikasi teknologi *sonic bloom* adalah inovasi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) di bidang pertanian dengan pemanfaatan gelombang bunyi berfrekuensi tinggi tanpa merusak lingkungan di sekitarnya (Song dkk, 2021). *Sonic bloom* adalah metode baru dengan pemanfaatan gelombang bunyi frekuensi 3000-5000 Hz guna meningkatkan pertumbuhan tanaman (Suryadarma dkk, 2020). Teknologi *sonic bloom* merupakan salah satu metode untuk meningkatkan fotosintesis yang efektif untuk meningkatkan produktivitas dengan kualitas baik (Song dkk, 2021).

Bunyi adalah gelombang dengan kemampuan untuk menggerakkan partikel yang telah dilaluinya, energi dari gelombang itu bisa menstimulasi terbukanya stomata (Song dkk, 2021). Pada surah Al-Hujurat ayat 2 dijelaskan tentang bunyi sebagai berikut:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا لَا تَرْفَعُوا أَصْوَاتَكُمْ فَوْقَ صَوْتِ النَّبِيِّ وَلَا تَجْهَرُوا لَهُ ۗ بِالْقَوْلِ كَجَهْرِ بَعْضِكُمْ لِبَعْضٍ أَن تَحْبَطَ أَعْمَالُكُمْ وَأَنتُمْ لَا تَشْعُرُونَ ۚ

“Wahai orang-orang yang beriman, janganlah meninggikan suaramu melebihi suara Nabi dan janganlah berkata kepadanya dengan suara keras sebagaimana kerasnya (suara) sebagian kamu terhadap yang lain. Hal itu dikhawatirkan akan membuat (pahala) segala amalmu terhapus, sedangkan kamu tidak menyadarinya.” (QS Al-Hujurat [49]:2)

Berdasarkan Tafsir Ibnu Katsir Jilid 8, melalui ayat ini Allah membimbing hambanya yang beriman bagaimana cara bergaul dengan Rasulullah, dari cara menghargai, menghormati, memuliakan dengan mengagungkan beliau. Salah satu penerapan energi bunyi adalah ketika berbicara, saat berbicara maka bunyi yang didengar memiliki energi, energi itu yang disebut dengan energi bunyi. Ayat di atas mengatakan agar jangan berbicara kepada Rasulullah SAW dengan suara yang keras. Walaupun berbicara dengan keras, pelan, maupun sedang, tetap saja akan menghasilkan energi. Tetapi yang berbeda adalah besarnya energi yang dihasilkan, karena semakin keras bunyi maka akan semakin besar pula energi yang dihasilkan (Fiddiya, 2020).

Getaran tersebut dapat memindahkan energi ke permukaan serta merangsang stomata dapat terbuka lebar. Widyawati (2011) menyatakan bahwa terbukanya stomata daun diakibatkan oleh dua sel penjaga pada stomata daun bergerak disebabkan meningkatnya tekanan akibat resonansi bunyi sehingga air masuk ke dalam sel penjaga dan dapat pula menyebabkan peningkatan tekanan osmotik.

Terbukanya stomata daun yang lebar mengakibatkan terserapnya zat hara serta zat-zat lainnya pada daun jadi lebih baik daripada pada tanaman tanpa pemaparan gelombang bunyi (Song dkk, 2021).

2.5.1 Sejarah *Sonic Bloom*

Teknologi yang dipopulerkan Donn Carlson dari Amerika Serikat, ia mengkaji lebih dalam karena pada tahun 1950 terjadi kelaparan saat perang Korea. Ia memulai studi fisiologi tumbuhan di Minnesota University. Muncul pendapat bahwa frekuensi bunyi dapat membuat tanaman ‘bernapas’ lebih baik dan dapat menyerap banyak zat yang dibutuhkan oleh tumbuhan, dimulai dari bermacam-macam frekuensi untuk bereksperimen hingga ditemukannya rentang frekuensi bunyi yang sejenis suara burung pada pagi hari yang mampu menstimulasi stomata agar terbuka lebar dengan dibantu seorang insinyur audio.

Pada tiap daun terdapat beribu-ribu pori-pori kecil (stomata). Tiap stoma (memiliki lebar kecil dari 0.001 inchi) membuat oksigen dan air masuk ke daun atau melakukan proses transpirasi sedangkan zat yang lain, yakni karbondioksida (CO_2) pun melewati jalur ini untuk melakukan fotosintesis. Stomata tertutup dalam keadaan kering guna meminimalisir tanaman layu. Pada suhu dan kelembaban tertentu stomata menyerap embun, dan dapat dilakukan pemberian nutrisi pada unsur yang mengalir bebas. Cara alamiah ini memiliki keterbatasan pada waktu, suhu dan kelembaban tertentu, dan juga untuk pembukaan stomatanya tidaklah maksimal.

Selama 15 tahun, Carlson mengalami trial dan error. Ia tak hanya menemukan zat-zat untuk menstimulasi tanaman, tetapi menemukan pula zat-zat yang memiliki keseimbangan yang pas. Pada tahun 1980, penemuan Carlson

dikomersialkan sedangkan di tahun 1998, seorang pengusaha pertanian menerapkan teknologi dalam kebun miliknya. Hasilnya sangat memuaskan, laju pertumbuhan tanaman tinggi dan produksinya lebih tinggi dibandingkan tanpa teknologi *sonic bloom*.

Dari gambar yang ditangkap oleh fotomikrograf, stomata terbuka lebar karena frekuensi bunyi yang digunakan. Sedangkan pada mikroskop memperlihatkan kerapatan stomata lebih baik karena paparan gelombang suara atau bunyi.

2.5.2 Mekanisme *Sonic Bloom*

Teknologi *sonic bloom* ini bekerja dengan sederhana. Perangkat dari unit suara yang menggunakan daya seperti accu yang memiliki tegangan 12 volt memaparkan gelombang bunyi sekitar 3000-5000 Hz. Gelombang bunyi ialah gelombang mekanis yang ikut bergetarnya suatu zat disebabkan zat lainnya juga bergetar dalam frekuensi sama dengan frekuensi zat yang terpengaruh dikenal dengan resonansi dalam ilmu fisika. Menurut Weinberger (1973), bunyi bisa beresonansi pada organel sel. Resonansi tersebut dapat menstimulasi gerakan sitoplasma sel sitoplasma sel. Sitoplasma terdiri dari beberapa zat kimia terlarut dan air (Syamsuri, 2003). Bunyi pada frekuensi tertentu dapat memunculkan *microbubbles* pada sitoplasma sel kemudian beresonansi dengan bunyi tersebut sehingga dapat mendorong dinding sel pelindung. Maka dari itu terjadi peningkatan tekanan turgositas dan terbukanya stomata optimal (Syamsuri, 2003)..

Rentang frekuensi gelombang suara tersebut dapat didengar oleh telinga manusia yang normal. Bunyi tersebut menstimulasi pembukaan stomata.

Kemudian pemnyemprotan pupuk daun dengan kandungan nutrisi ikatan organik ketika stomata daun telah terbuka (Syamsuri, 2003). Teknik pemberian pupuk tersebut sangat baik dibandingkan biasa, hal tersebut dikarenakan unsur hara dapat langsung terserap oleh stomata yang kemudian dapat langsung diolah di klorofil. Meningkatnya translokasi nutrisi dan penetrasi pada daun maka meningkat pula metabolisme pada tanaman yang membuat pertumbuhan serta produksi tinggi.

2.6 Kedelai

Abad ke-16 Indonesia memperkenalkan kedelai, awalnya penyebaran dan budidaya tanaman kedelai pada Pulau Jawa dan berkembang pula hingga Pulau Nusa Tenggara, Bali, dan pulau-pulau yang lain. Zaman dahulu kedelai diketahui dengan nama-nama botani yakni *Soja max* dan *Glycine max*, tetapi di tahun 1948 diputuskan bersama untuk nama botani kedelai adalah *Glycine max* (L.) Merrill. Kedelai adalah tanaman pangan masyarakat Indonesia sebab memiliki fungsi sumber protein nabati, bahan baku industri pakan ternak, serta bahan baku, pengolahan pangan (Sudaryanto and Swastika, 2007).



Gambar 2. 2 Kedelai (Febri, 2012)

Protein dalam kandungan kedelai 35% lebih besar daripada beras hanya 7%. Kedelai juga memiliki kandungan asam amino cukup tinggi yakni, lisin, tripsin, dan metionin guna pemenuhan gizi dan zat pangan manusia (Suprpto, 1998).

2.6.1 Klasifikasi Kedelai

Berikut klasifikasi kedelai dalam taksonomi: (Cahyono, 2007)

Tabel 2. 2 Klasifikasi Kedelai

Kingdom	Plantae
Divisi	Spermatophyta
Sub-divisi	Angiospermae
Kelas	Dicotyledonae
Ordo	Polypetales
Famili	Leguminosea
Sub-famili	Papilionoideae
Genus	Glycine
Spesies	<i>Glycine max</i> (L.) Merrill

2.6.2 Syarat Tumbuh Kedelai

Kedelai biasanya tumbuh pada media tanam yang baik memiliki pH 6-7 agar tumbuh baik. Zat-zat yang cukup pada media tanam memiliki pengolahan tanah yang baik serta dapat menyediakan cukup zat hara guna pertumbuhan tanaman (Yenita, 2002).

Kadar pH tanah yang cocok untuk pertumbuhan tanaman kedelai sekitar 5.5 hingga 6.5. Selain dapat memberikan pengaruh pada penyerapan hara di akar tanaman, tanah yang asam (pH 4.6 sampai 5.5) dapat memberikan pengaruh pula pada kemampuan penetrasi bakteri *Rhizobium* untuk pembentukan bintil akar. Nilai pH di atas 7 akan kekurangan zat hara (Masruroh, 2008).

Kedelai lebih menyukai iklim yang kering daripada iklim yang sangat lembab atau basah, Mayoritas tanaman kedelai tumbuh pada daerah dengan iklim tropis atau subtropis. Tanaman kedelai menghendaki temperatur 21-34°C dan

temperatur optimum guna pertumbuhan tanaman kedelai ialah 23-27°C. Awal pertumbuhan membutuhkan temperatur hingga 30°C (Rukmana and Yuniarsih, 1996).

2.7 Kajian Kedelai

Pernyataan oleh Kasim dan Djunainah (1993) yakni varietas unggulan mempunyai peranan penting pada usaha untuk meningkatkan hasil per satuan luas dan juga sebagai pengendalian hama dan penyakit. Varietas unggulan juga memutuskan penggunaan pestisida pada tanaman. Varietas memiliki beberapa kelebihan daripada varietas lokal diantaranya tingkat produktivitas besar, umur pendek, dan ketahanan hama penyakit. Berikut deskripsi varietas unggulan pada tahun 2021 yang ditetapkan oleh Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI) yakni Denasa-1 (balitkabi.go.id/):

Tabel 2. 3 Deskripsi Varietas Denasa-1

Nomor galur	IBK/ Argop-296-10
Asal usul	IAClOO/Burangrang/ /Kaba x Argopuro
Tipe tumbuh	Determinit
Warna hipokotil	Ungu
Warna epikotil	Hijau
Warna daun	Hijau
Warna bunga	Ungu
Warna bulu	Coklat tua
Warna kulit polong	Coklat tua
Warna kulit biji	Kuning muda
Warna kotiledon	Hijau
Warna hilum	Coklat tua
Bentuk daun	Oval meruncing
Ukuran daun	Lebar
Percabangan	3
Jumlah polong/tanaman	48 polong
Umur berbunga	Medium (33 hari)
Umur panen	Mediun (83 hari)
Tinggi tanaman	49.3 cm
Ukuran biji	Besar
Bobot 100 biji	18.09 gram

Bentuk biji	Bulat
Kecerahan kulit biji	Kusam
Potensi hasil	3.42 t/ha
Rata-rata hasil	2.25 t/ha
Kandungan protein	36.39% BK
Kandungan lemak	19.60% BK
Ketahanan terhadap hama dan penyakit	Agak tahan terhadap penyakit karat, hama ulat grayak, dan hama pengisap polong. Rentan terhadap hama penggerek polong
Keterangan	Sangat toleran terhadap naungan 50%

2.8 Kajian Tentang Stomata

2.8.1 Transpirasi

Aktivitas hilangnya air dalam bentuk uap dari jaringan tumbuhan melewati stomata dinamakan transpirasi. Uap air dapat keluar dari bagian yang lain namun kuantitas kehilangan air tersebut jumlahnya kecil dibandingkan yang melewati stomata. Jadi, jumlah air yang hilang dari jaringan tanaman dianggap sama dengan uap air yang hilang melewati stomata (Lakitan, 1993).

Daya hantar pada stomata dapat dipengaruhi besar bukaan stomata. Makin besar bukaan stomata, maka makin besar pula daya hantarnya disebut resistansi stomata (r_s). Daya hantar pada stomata berbanding terbalik dengan resistansi stomata ($g_s=1/r_s$). Kerapatan uap air di udara bergantung dengan kelembaban nisbi serta temperatur udara. Kelembaban nisbi dalam rongga substomatal dianggap 100% untuk perhitungan laju transpirasi. Jadi, kerapatan uap air di dalam rongga substomatal bergantung dengan temperatur daun (Lakitan, 1993).

2.8.2 Anatomi Stomata

Stoma adalah stomata dalam bahasa Yunani yang memiliki arti lubang atau *porus*. Pernyataan oleh Khaterine Esau, stomata ialah sel tertutup dan lubang yang

ada di antaranya. Dapat disimpulkan pengertian dari stomata ialah lubang yang ada di epidermis dengan sel-sel penutup sebagai pembatasnya (Sutrian, 2011).

Umumnya stomata ada di permukaan bawah daun (*abxial surface*). Namun ada beberapa jenis tumbuhan di mana stomata terdapat di kedua permukaan (atas bawah). Terdapat juga tanaman yang memiliki stomata permukaan atas daun, contohnya stomata bunga lili air.

Selain itu stomata berada di bagian tanaman warna hijau dalam daun. Pada tumbuhan dalam air (*submerged aquatic plant*) tak mempunyai stomata.

Stomata ialah celah yang terdapat di antara dua sel penjaga (*giard cell*) dan aparatus stomata ialah sel penjaga itu. Terdapat sel epidermis yang dimodifikasi di samping sel penjaga disebut sel tetangga (Lakitan, 1993).

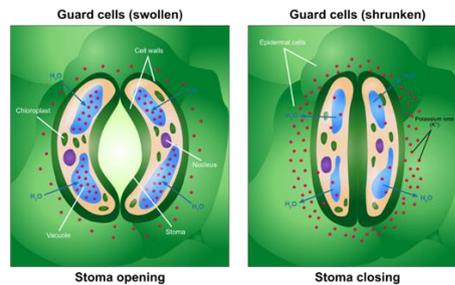
Stomata disusun dari beberapa bagian sel penjaga, sel tetangga, bagian celah, dan ruang udara dalam. Sel penjaga tersusun dari satu pasang sel simetris yang memiliki bentuk ginjal. Sel penjaga adalah beberapa sel aktif, kloroplas tpada sel tersebut berperan pada proses fotosintesis untuk memproduksi tepung asimilasi.

Di antara dua sel penjaga ada celah (*porus*) yakni lubang kecil dimana sel penjaga bisa mengatur *porus* tersebut untuk membuka atau menutup. Selain itu juga terdapat sel tetangga yang berdampingan dengan sel penjaga.

2.8.3 Mekanisme Terbuka dan Tertutupnya Stomata

Terbukanya stomata yang disebabkan sel penjaga mengambil air dan mengembang, dimana sel penjaga menggebung kemudian mendorong dinding bagian dalam stomata sampai merapat. Stomata memiliki ciri khusus yang berada di pada anatomi submikroskopik dinding selnya sampai ia berfungsi dengan

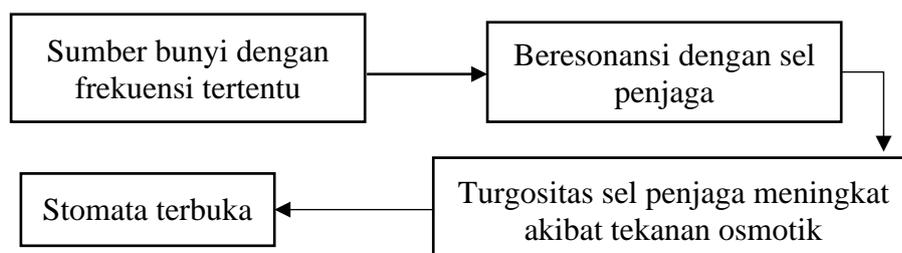
caranya sendiri. Sel penjaga juga dapat tambah panjang pada dinding luar. Kemudian diinding bagian dalam ditarik oleh mikrofibril yang dapat membuat stomata terbuka (Frank *et al.* 1995).



Gambar 2. 3 Proses Terbuka dan Tertutupnya Stomata Daun (Kambhampati, 2016)

Sel penjaga memiliki bentuk seperti sepasang ginjal pada tanaman dikotil. Sel penjaga memiliki keunikan yakni pada dinding sel tersebut mempunyai serat halus selulosa (*cellulosa microfibril*) dengan susunan serat halusnya mengelilingi sel penjaga, corak tersebut dikenal dengan sebutan miselasi radial (*radial micellation*). Serat selulosa tak bersifat elastis dan apabila sel penjaga menyerap air maka sel ini tak bisa membesarkan diameternya, namun masih bisa memanjangkan. Satu pasang sel penjaga menempel satu dengan lainnya di ujung sehingga keduanya memanjang sebab menyerap air kemudian melengkung ke luar yang membuat celah stomata terbuka (Lakitan, 1993).

Hubungan antara getaran bunyi dengan pembukaan stomata daun secara skematis sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Skema Hubungan Getaran Bunyi Terhadap Pembukaan Stomata (Isti Noor, 2012)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan perlakuan paparan bunyi *lovebird* ttermanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz. Dalam penelitian ini terdapat lima kelompok tanaman yakni, empat kelompok tanaman perlakuan dan satu kelompok tanaman kontrol. Empat tanaman perlakuan terdiri dari 4 frekuensi: 3100-3600 Hz, 3700-4200 Hz, 4300-4800 Hz, dan 4900-5400 Hz. Tiap kelompok tanaman perlakuan diberi paparan gelombang bunyi dengan durasi 1 jam. Rancangan dalam penelitian adalah rancangan acak lengkap (RAL). Setiap kelompok tanaman diulang sebanyak 4 kali ulangan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Waktu untuk melakukan penelitian sekitar tiga bulan dan dilakukan pada bulan Oktober 2021.

2. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di beberapa lokasi yakni:

- a. Kebun di Dsn. Dukuh, Ds. Wedoro, Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan, Jawa Timur
- b. Laboratorium fisiologi tumbuhan Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi adalah seluruh objek penelitian. Populasi dalam penelitian ini ialah tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Sampel ialah wakil dari populasi yang dikaji, sampel penelitian ini ialah varietas kedelai Denasa-1 didapatkan dari Balai Tanaman Kacang dan Umbi (BALITKABI) Kendalpayak, Malang.

3.4 Identifikasi Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas ialah variabel yang mempengaruhi atau sebagai penyebab adanya perubahan pada variabel terikat (Sugiyono, 2008). Pada penelitian ini variabel bebasnya ialah sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz, sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada penelitian ini didapatkan dari *Audio Bio Harmonic* (ABH) yang disediakan; waktu pertumbuhan kedelai; dan taraf intensitas bunyi.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat ialah variabel yang terpengaruhi atau sebagai akibat dari variabel bebas (Sugiyono, 2008). Berikut variabel terikat pada penelitian ini:

- a. Luas bukaan stomata daun kedelai
- b. Tinggi batang tanaman kedelai
- c. Diameter batang tanaman kedelai
- d. Massa hasil panen kedelai

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol ialah variabel yang mempengaruhi variabel bebas dan variabel terikat (Sugiyono, 2008). Variabel kontrol pada penelitian ini:

a. Media tanam

Media tanam yang dipergunakan dalam penelitian ini untuk kelompok tanaman kontrol dan perlakuan mempunyai tipe tanah yang sejenis yakni tanah berpasir yang nantinya akan dicampur dengan pupuk dasar dengan dosis yang sama untuk tanaman kontrol dan perlakuan.

b. Air

Air yang dipergunakan untuk pengairan tanaman kedelai pada tanaman kontrol dan perlakuan dari air sumur.

c. Varietas kedelai

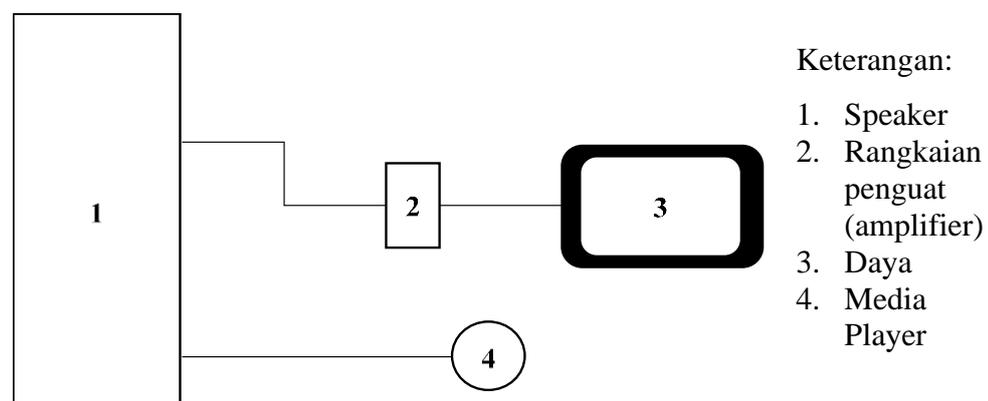
Varietas yang dipergunakan kelompok tanaman kontrol dan perlakuan adalah varietas kedelai Denasa-1.

d. Dosis pupuk

Pupuk yang dipergunakan pada kelompok tanaman kontrol dan perlakuan adalah NPK dengan dosis yang sama.

3.5 Desain Perangkat

Desain perangkat untuk penelitian ini dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 3. 1 Desain Perangkat *Audio Bio Harmonic*

3.6 Alat dan Bahan

Beberapa alat dan bahan yang dipergunakan pada penelitian ini antara lain:

3.6.1 Alat yang Digunakan Dalam Penelitian

3.6.1.1 Peralatan Untuk Memberi Perlakuan Bunyi Pada Tanaman

- a. Alat *Audio Bio Harmonic* untuk pemaparan sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada tanaman kedelai
- b. Penyangga untuk perangkat/alat
- c. Kotak plastik (*chamber*).

3.6.1.2 Peralatan Untuk Mengukur Tinggi Tanaman dan Diameter Batang

- a. Penggaris ukuran 30 cm
- b. Meteran dengan panjang 1 m
- c. Jangka sorong

3.6.1.3 Peralatan Untuk Mengambil Sampel dan Menganalisis Stomata

- a. Perekat
- b. Preparat
- c. Mikroskop digital terhubung dengan PC yang dilengkapi *software NIS Elements Viewer*. *Software* tersebut berguna untuk mengubah gambar yang teramati mikroskop digital dan bisa muncul pada PC.
- d. PC yang terinstal *software Image Raster 3.0* untuk pengukuran luas bukaan stomata pada gambar yang terekam.

3.6.1.4 Peralatan Untuk Mengukur Massa Hasil Panen Kedelai

- a. Timbangan

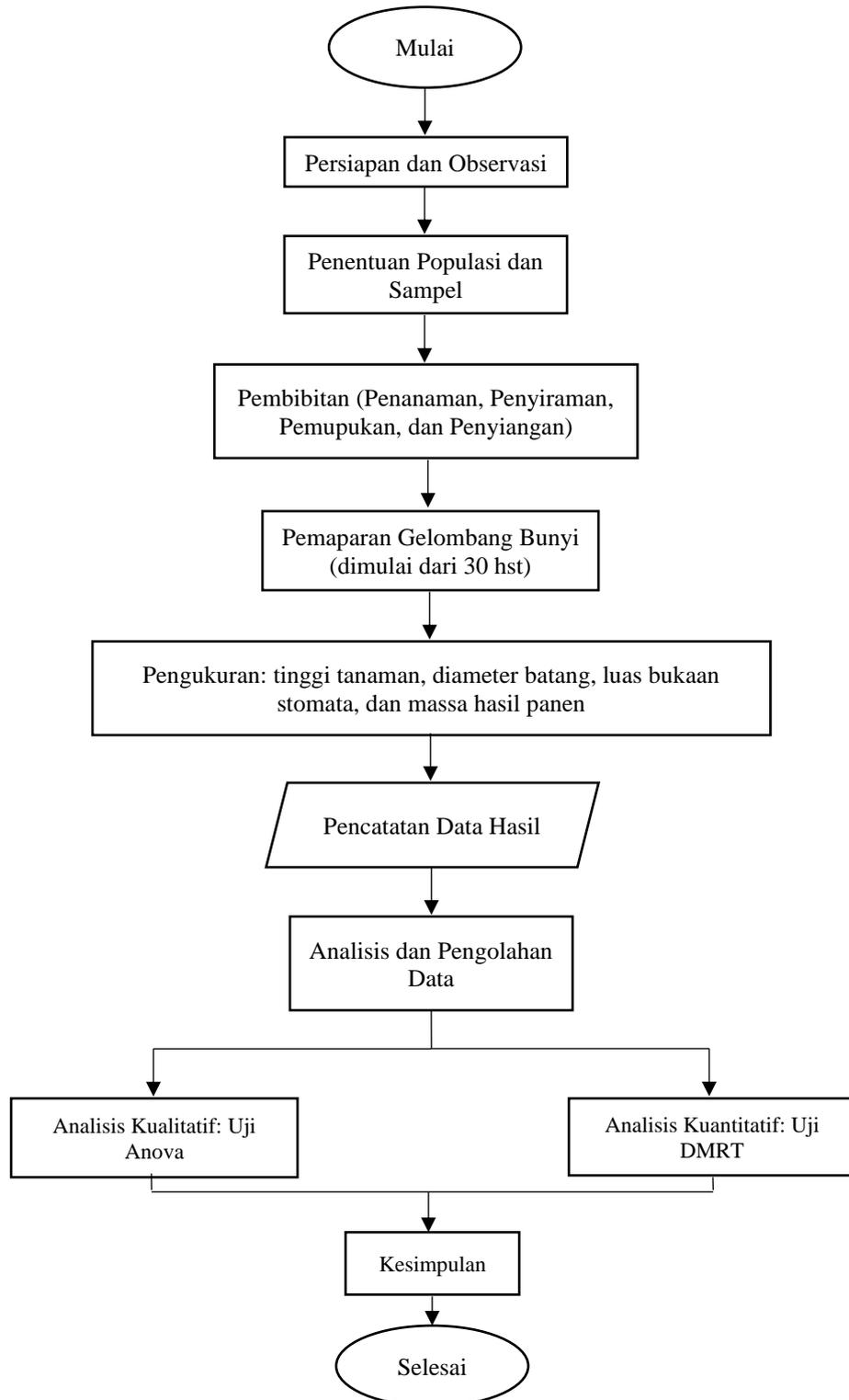
3.6.2 Bahan-Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian

- a. Berkas rekaman bunyi burung *lovebird* termanipulasi
- b. Benih kedelai varietas Denasa 1
- c. *Polybag* ukuran 40 x 20 cm
- d. Media tanam
- e. Air
- f. Pupuk
- g. Insektisida
- h. Fungisida

3.7 Bagan Alur Penelitian

3.7.1 Diagram Alir

Berikut diagram alir pada penelitian ini:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.7.2 Prosedur

Berikut prosedur penelitian pengaruh frekuensi gelombang bunyi terhadap tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill):

3.7.2.1 Persiapan

Persiapan merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Persiapan ini dilakukan dengan observasi menentukan lokasi penelitian, diskusi tentang penelitian, dan penentuan instrumen dan waktu penelitian, serta mempersiapkan alat dan bahan.

3.7.2.2 Validasi Bunyi

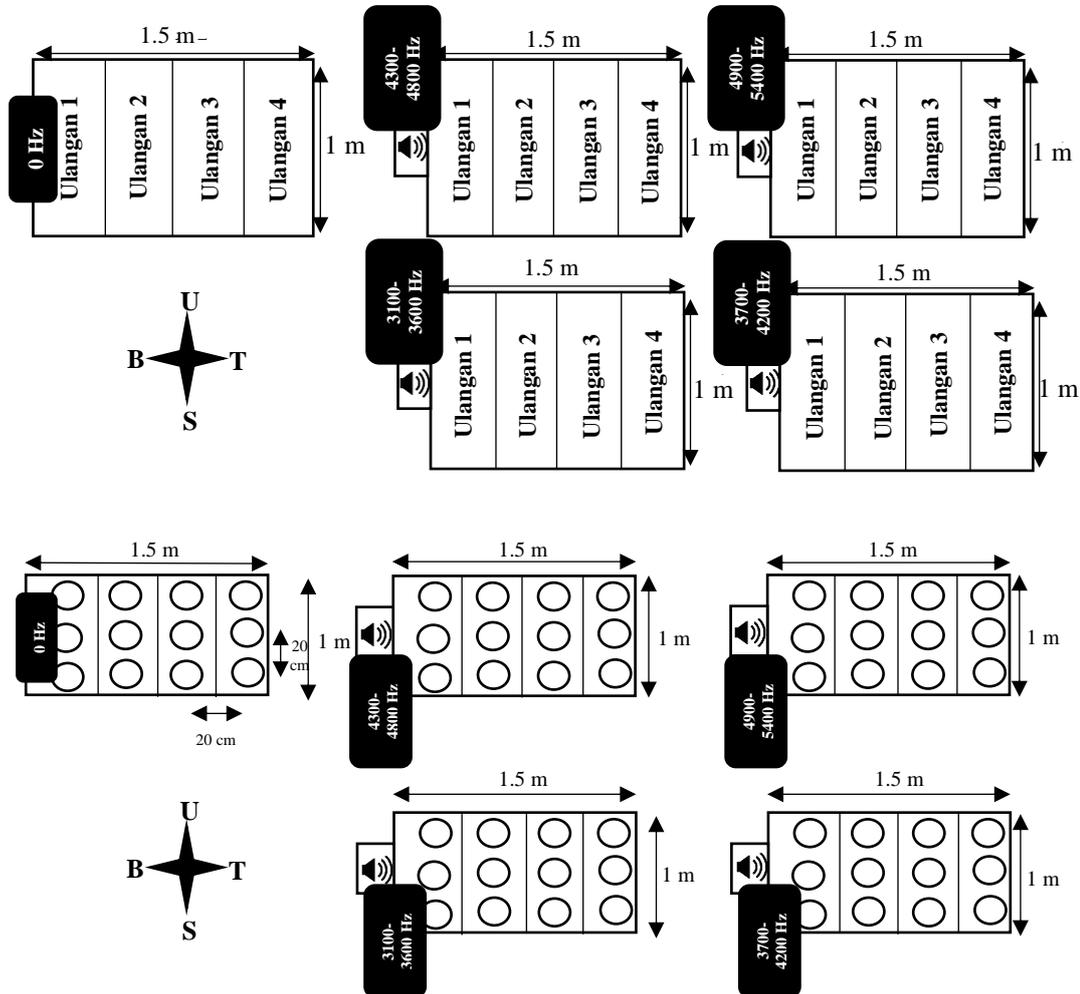
Validasi bunyi dilaksanakan dengan perekaman sumber bunyi yang digunakan dalam penelitian pada *Audio Bio Harmonic* menggunakan *Sound Recorder*. Hasil rekaman bunyi yang direkam oleh *sound recorder* selanjutnya dianalisa dengan *software Sound Forge Pro 11.0* agar terlihat spektrum dari bunyi.

3.7.2.3 Pembuatan Desain Lokasi Penelitian

Cara membuat desain lokasi penelitian yakni membagi lokasi penelitian menggunakan pembatas dengan ukuran tertentu untuk membagi menjadi lima kelompok tanaman, yaitu kelompok tanaman kontrol atau kelompok tanpa pemaparan bunyi dan kelompok tanaman perlakuan atau kelompok dengan pemaparan bunyi yang terdiri dari pemaparan bunyi rentang frekuensi 3100-3600 Hz, 3700-4200 Hz, 4300-4800 Hz, dan 4900-5400 Hz.

Tujuan pembuatan desain lokasi penelitian ini adalah untuk memberi jarak antar kelompok tanaman kedelai dari perangkat sumber bunyi. Lokasi

penelitian yang telah tersedia dari Desa Dukuh ukuran $5 \times (1.5 \times 1) \text{ m}^2$ dan dibuat desain lokasi dengan 4 ulangan.



Gambar 3. 3 Desain Lokasi Penelitian

3.7.2.4 Penentuan Sampel

Pada penelitian ini terdapat 5 perlakuan pada tanaman kedelai yakni:

P-1: Kelompok kontrol yakni tanaman kedelai tanpa pemaparan gelombang bunyi atau 0 Hz sebagai tanaman kontrol.

P-2: Kelompok perlakuan yakni tanaman kedelai dengan pemaparan sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-3600 Hz.

P-3: Kelompok perlakuan yakni tanaman kedelai dengan pemaparan sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3700-4200 Hz.

P-4: Kelompok perlakuan yakni tanaman kedelai dengan pemaparan sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 4300-4800 Hz.

P-5: Kelompok perlakuan yakni tanaman kedelai dengan pemaparan sumber bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 4900-5400 Hz.

3.7.2.5 Prosedur Penanaman dan Perawatan Kedelai

Berikut prosedur penanaman dan perawatan kedelai dalam polybag:

1. Persiapan media tanam dengan tanah dicampur pupuk kotoran hewan skala 2:1 dengan pH 5.6-6
2. Tiap polybag diisi dengan 3 benih kedelai dan ditutup lagi dengan tanah
3. Tanaman disiram satu kali sehari
4. Tanaman diberi pupuk NPK saat berumur 14 hst, saat berbunga, dan saat pembentukan polong.
5. Penyiangan tanaman dilakukan sebulan sekali

3.7.2.6 Prosedur Pemberian Paparan Bunyi Pada Tanaman Kedelai

Prosedur pemberian paparan bunyi pada tanaman kedelai adalah sebagai berikut:

1. Diatur posisi antara perangkat dengan tanaman kedelai.
2. Dinyalakan perangkat *Audio Bio Harmonic*.

3. Volume bunyi di-*setting* pada posisi maksimum.
4. Pemaparan bunyi dilakukan setiap hari dengan durasi 1 jam pada saat tanaman mulai terkena sinar matahari pagi dan dimulai ketika berumur 30 hari setelah tanam.

3.7.2.7 Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data lapangan terdiri dari tinggi tanaman kedelai, diameter batang tanaman, luas bukaan stomata daun, dan produktivitas kedelai:

1. Tinggi tanaman

Data tinggi tanaman diambil ketika berusia 30 hari setelah tanam. Tinggi tanaman kedelai diukur dari permukaan tanah sampai ujung daun. Pengukuran tinggi tanaman dengan penggaris panjang 30 cm atau meterang panjang 1 m ketelitiannya 0.1 cm dan dilakukan 14 hari sekali.

2. Diameter batang

Pengambilan data diameter batang tanaman kedelai dilakukan saat berusia 30 hari setelah tanam sama seperti pada tinggi tanaman. Pengambilan data diameter batang diukur 5 cm dari permukaan tanah dengan jangka sorong dilakukan 14 hari sekali.

3. Pengambilan data panjang dan lebar bukaan stomata daun

Data lebar stomata daun diambil agar dapat mengetahui pengaruh bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang 3100-5400 Hz pada luas bukaan stomata. Data ini diambil saat dipaparkan bunyi setelah 30 menit perangkat dibunyikan.

Langkah-langkah pengambilan luas bukaan stomata kedelai:

- A. Pembuatan Cetakan Preparat

- 1) Disiapkan kaca preparat dan perekat.
- 2) Disiapkan perangkat pemaparan bunyi.
- 3) Diambil data luas bukaan stomata saat dipaparkan frekuensi gelombang bunyi (30 menit saat alat dibunyikan pada menit waktu paparan)
- 4) Dioleskan perekat pada preparat.
- 5) Ditempelkan daun pada preparat.
- 6) Ditunggu preparat yang ditempelkan daun sampai kering.
- 7) Dilepaskan daun pada preparat sampai cetakan permukaan daun terbentuk.
- 8) Dilangi langkah-langkah di atas sebanyak 4 kali.
- 9) Diambil data pada semua perlakuan.
- 10) Diberikan label pada tiap cetakan.

B. Pengamatan Stomata Daun

- 1) Diletakkan cetakan di meja mikroskop lalu dikunci.
- 2) Dinyalakan mikroskop.
- 3) Diatur fokus mikroskop dengan menggunakan pengaturan fokus.
- 4) Dilihat perbesaran stomata menggunakan PC.
- 5) Direkam stomata yang teramati dalam PC menggunakan *software NIS Elements Viewer*.
- 6) Disimpan rekaman gambar stomata dalam format jpg/png.

C. Pengukuran Luas Bukaan Stomata

- 1) Diamatai gambar stomata yang telah disimpan dengan *software Image Raster 3.0*.

- 2) Diukur panjang dan lebar stomata pada gambar menggunakan *tools measurement*.
- 3) Diukur luasan stomata menggunakan rumus *ellips*.

$$A = \frac{\pi}{4} \times P \times L$$

4. Taraf Intensitas Bunyi

Taraf intensitas bunyi diambil data menggunakan *Sound Level Meter*. Pengambilan data taraf intensitas bunyi disesuaikan pada masing-masing ulangan. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui taraf intensitas bunyi yang diterima tiap ulangan.

5. Produktivitas hasil kedelai

Pengukuran produktivitas tanaman kedelai dengan memotong tanaman menggunakan sabit kemudian mengelompokkannya menyesuaikan ulangannya. Kemudian dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air pada kedelai. Kemudian dilakukan proses perontokan kedelai yang bertujuan untuk memisahkan biji kedelai dari kulit luarnya. Biji kedelai yang telah dipisahkan dengan kulitnya diukur menggunakan timbangan sesuai dengan pengelompokannya.

3.8 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

3.8.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian yakni mengukur tinggi tanaman, diameter batang, luas bukaan stomata, massa hasil panen dan dicatat dalam *Microsoft Excel 2019* dan *SPSS Statistics 26*. Frekuensi bunyi *lovebird*

termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz didapatkan dari analisa menggunakan program *Sound Forge Pro 11.0*. Untuk data luas bukaan stomata didapatkan dari pengamatan menggunakan mikroskop. Tinggi tanaman dan diameter batang diukur menggunakan penggaris dan jangka sorong. Taraf intensitas bunyi diukur menggunakan *Sound Level Meter*.

Tabel 3. 1 Luas Bukaan Stomata Daun (μm)

Frekuensi (Hz)	Luas Bukaan Stomata Daun (μm)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
0				
3100-3600				
3700-4200				
4300-4800				
4900-5400				

Tabel 3. 2 Tinggi Tanaman (cm)

Umur Tanaman (hari)	Tinggi Tanaman (cm)				
	0 Hz	3100-3600 Hz	3700-4200 Hz	4300-4800 Hz	4900-5400 Hz
30					
44					
58					
72					
86					

Tabel 3. 3 Diameter Batang (mm)

Umur Tanaman (hari)	Diameter Batang (mm)				
	0 Hz	3100-3600 Hz	3700-4200 Hz	4300-4800 Hz	4900-5400 Hz
30					
44					
58					
72					
86					

Tabel 3. 4 Massa Panen (gram)

Frekuensi (Hz)	Massa Panen (gram)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
0				
3100-3600				
3700-4200				
4300-4800				
4900-5400				

Tabel 3. 5 Taraf Intensitas Bunyi (dB)

Frekuensi (Hz)	Massa Panen (gram)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
0				
3100-3600				
3700-4200				
4300-4800				
4900-5400				

3.8.2 Metode Analisis Data

Analisis data untuk penelitian pengaruh bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) ini yaitu menggunakan grafik atau diagram dari *Microsoft Excel 2019*, hasil uji *Analysis of Variance (ANOVA)* dan *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* dari *SPSS Statistics 26* sehingga dapat diketahui bahwa gelombang bunyi *lovebird* ini memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai menggunakan teknologi *sonic bloom* dengan perangkat *audio bio harmonic* yang telah diisikan bunyi dari burung *lovebird* dengan frekuensi yang telah ditentukan yakni 3100-3600 Hz, 3700-4200 Hz, 4300-4800 Hz, dan 4900-5400 Hz dipaparkan satu jam pada pukul 07.00-08.00 WIB. Jenis tanaman kedelai yang digunakan adalah varietas Denasa-1 yang didapat dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (BALITKABI). Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2021-Januari 2022 di kebun yang terletak di Dsn Dukuh, Ds. Wedoro, Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan dan Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang. Lokasi kebun berada pada titik koordinat 07° 39' 23.9" LS dan 112° 42' 27.9" BT dengan ketinggian 176 meter di atas permukaan laut. Suhu rata-rata 24°C di pagi hari, 31°C di siang hari, dan 25°C di sore hari. Komposisi seluruh media tanam yakni 50% tanah, 25% pupuk kotoran sapi, dan 25% kompos.

Lokasi yang digunakan memiliki luas 5 x (1.5 x 1) m² untuk tempat budidaya kedelai dengan lima kelompok tanaman yang terdiri dari 4 kali ulangan untuk masing-masing kelompok tanaman. Kelompok tanaman terdiri dari tanaman kedelai tanpa pemaparan atau 0 Hz, tanaman kedelai dengan paparan bunyi pada rentang frekuensi 3100-3600 Hz, tanaman kedelai dengan paparan bunyi pada rentang frekuensi 3700-4200 Hz, tanaman kedelai dengan paparan bunyi pada rentang frekuensi 4300-4800 Hz, dan tanaman kedelai dengan paparan bunyi pada

rentang frekuensi 4900-5400 Hz. Parameter yang diukur yakni luas bukaan stomata, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil panen kedelai.

Hasil dan pembahasan dari penelitian ini yakni pengaruh bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100- 5400 Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai sebagai berikut.

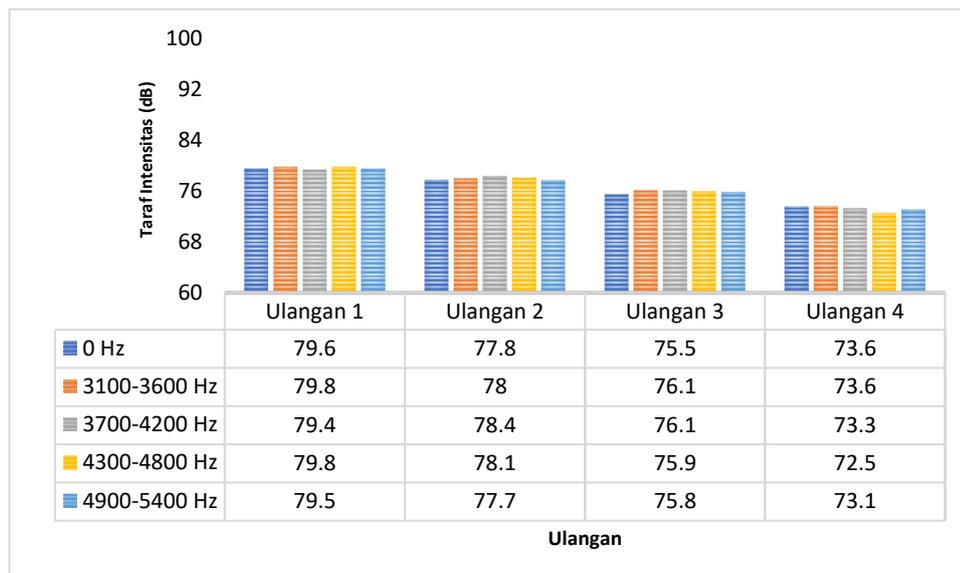
4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Penyebaran Taraf Intensitas Bunyi

Luas bukaan stomata daun, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil panen per tanaman pada lima kelompok tanaman kedelai memiliki hasil berbeda pada setiap ulangan yang akan dibahas pada subbab selanjutnya. Hal itu dikarenakan tinggi rendahnya taraf intensitas yang diterima tanaman dipengaruhi oleh jarak dari sumber bunyi ke tanaman setiap ulangan berbeda. Taraf intensitas bunyi diukur menggunakan *Sound Level Meter* pada masing-masing tanaman di setiap ulangannya. Pada subbab ini akan dibahas taraf intensitas bunyi yang diterima oleh tanaman pada setiap ulangannya.

Tabel 4. 1 Data Taraf Intensitas Bunyi (dB)

Frekuensi (Hz)	Taraf Intensitas Bunyi (dB)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
0	79.6 ± 0.6	77.8 ± 0.8	75.5 ± 0.5	73.6 ± 0.3
3100-3600	79.8 ± 0.3	78 ± 0.1	76.1 ± 0.3	73.6 ± 0.5
3700-4200	79.4 ± 0.6	78.4 ± 0.5	76.1 ± 0.2	73.3 ± 0.6
4300-4800	79.8 ± 0.6	78.1 ± 0.5	75.9 ± 0.4	72.5 ± 0.5
4900-5400	79.5 ± 0.5	77.7 ± 0.6	75.8 ± 0.3	73.1 ± 0.1



Gambar 4. 1 Diagram Penyebaran Taraf Intensitas Bunyi (dB) Tiap Ulangan

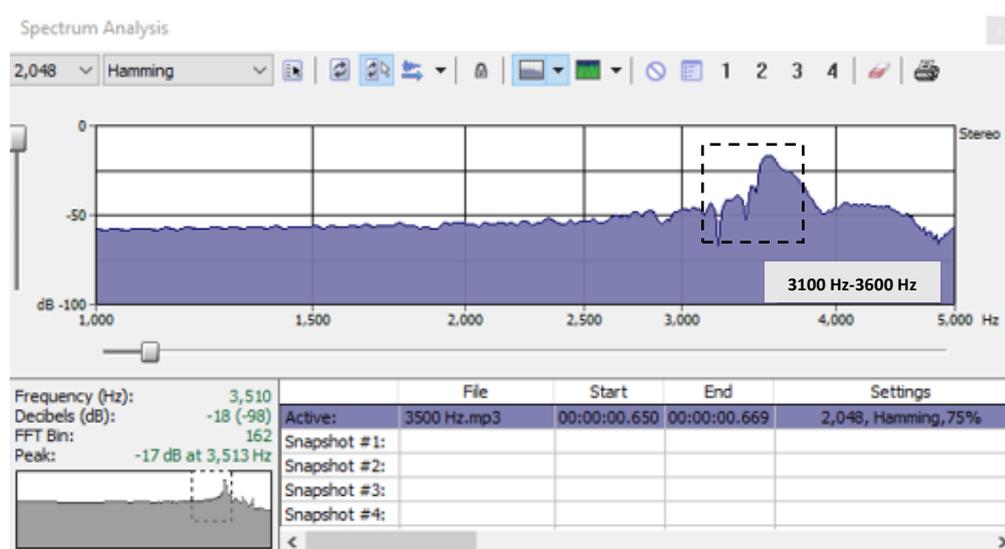
Berdasarkan diagram dalam gambar 4.1 pada seluruh kelompok tanaman variasi frekuensi yang terdiri dari 4 ulangan memiliki nilai yang berbeda pada tiap ulangannya namun tidak jauh dengan rentang taraf intensitas 72.5-79.8 dB, hal tersebut dikarenakan jarak antar ulangan cenderung kecil yakni 20 cm. Pengaruh dari taraf intensitas bunyi yang diterima oleh tanaman memiliki pengaruh yang tidak nyata atau tidak signifikan karena antar ulangan memiliki beda taraf intensitas bunyi tidak signifikan.

4.1.2 Validasi Frekuensi Bunyi

Validasi bunyi memiliki tujuan untuk mengetahui bunyi yang diterima oleh tanaman sesuai dengan frekuensi yang telah ditentukan dilakukan dengan merekam bunyi yang keluar dari perangkat *audio bio harmonic* (ABH) pada jarak 1 m dari *audio bio harmonic* (ABH). Validasi menggunakan *software Sound Forge Pro 11.0*. Program *Sound Forge Pro 11.0* berfungsi untuk mengetahui spektrum bunyi *lovebird*.

4.1.1.1 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3100-3600 Hz

Gelombang bunyi *lovebird* termanipulasi yang dipaparkan pada tanaman kedelai di lokasi penelitian dapat dianalisis dengan menginput *file* rekaman bunyi *lovebird* ke *software Sound Forge Pro 11.0*. Dalam gambar 4.2 memperlihatkan bentuk gelombang dalam domain frekuensi, sumbu x ialah frekuensi (Hz) sedangkan sumbu y ialah taraf intensitas (dB).



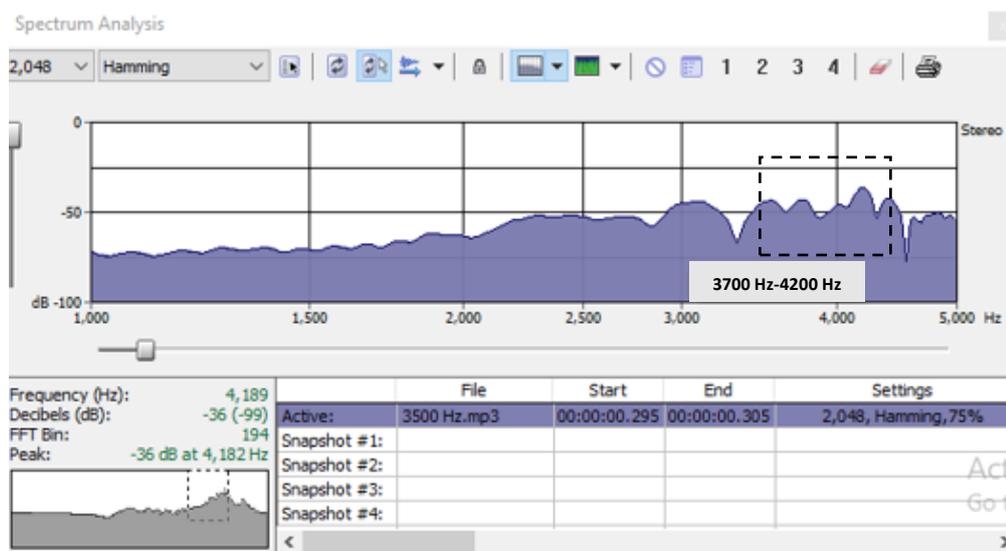
Gambar 4. 2 Gelombang Bunyi Lovebird Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-3600 Hz

Analisis gelombang bunyi dengan teknik analisa *Fast Fourier Transform* (FFT) diperoleh spektrum gelombang bunyi seperti pada gambar 4.2. Dalam grafik gelombang bunyi dikonversi dari domain waktu yang kemudian menjadi spektrum bunyi di domain frekuensi. Hasil analisis menunjukkan bahwa *peak* frekuensi sebesar 3513 Hz dengan rentang frekuensi yang mendominasi 3100-3600 Hz, sedangkan untuk taraf intensitas bunyi yang diterima oleh tanaman pada frekuensi tersebut adalah 73.6-79.8 dB. Dari hasil

validasi tersebut dapat disimpulkan bahwa frekuensi yang diterima tanaman di lokasi penelitian tepat atau mendekati frekuensi yang diharapkan.

4.1.1.2 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3700-4200 Hz

Gelombang bunyi *lovebird* termanipulasi yang dipaparkan pada tanaman kedelai di lokasi penelitian dapat dianalisis dengan menginput *file* rekaman bunyi *lovebird* ke *software Sound Forge Pro 11.0*. Dalam gambar 4.3 memperlihatkan bentuk gelombang dalam domain frekuensi, sumbu x ialah frekuensi (Hz) sedangkan sumbu y ialah taraf intensitas (dB).



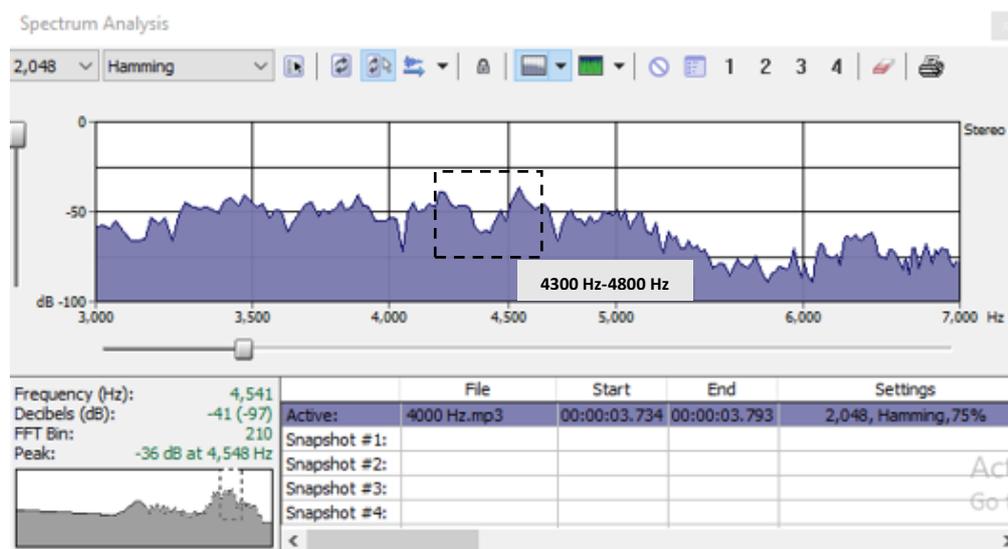
Gambar 4. 3 Gelombang Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3800-4200 Hz

Analisis gelombang bunyi dengan teknik analisa *Fast Fourier Transform* (FFT) diperoleh spektrum gelombang bunyi seperti pada gambar 4.3. Dalam grafik gelombang bunyi dikonversi dari domain waktu yang kemudian menjadi spektrum bunyi di domain frekuensi. Hasil analisis menunjukkan bahwa *peak* frekuensi sebesar 4182 Hz dengan rentang frekuensi yang mendominasi 3700-4200 Hz, sedangkan untuk taraf intensitas bunyi yang

diterima oleh tanaman pada frekuensi tersebut adalah 73.3-79.4 dB. Dari hasil validasi tersebut dapat disimpulkan bahwa frekuensi yang diterima tanaman di lokasi penelitian tepat atau mendekati frekuensi yang diharapkan.

4.1.1.3 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4300-4800 Hz

Gelombang bunyi *lovebird* termanipulasi yang dipaparkan pada tanaman kedelai di lokasi penelitian dapat dianalisis dengan menginput *file* rekaman bunyi *lovebird* ke *software Sound Forge Pro 11.0*. Dalam gambar 4.4 memperlihatkan bentuk gelombang dalam domain frekuensi, sumbu x ialah frekuensi (Hz) sedangkan sumbu y ialah taraf intensitas (dB).



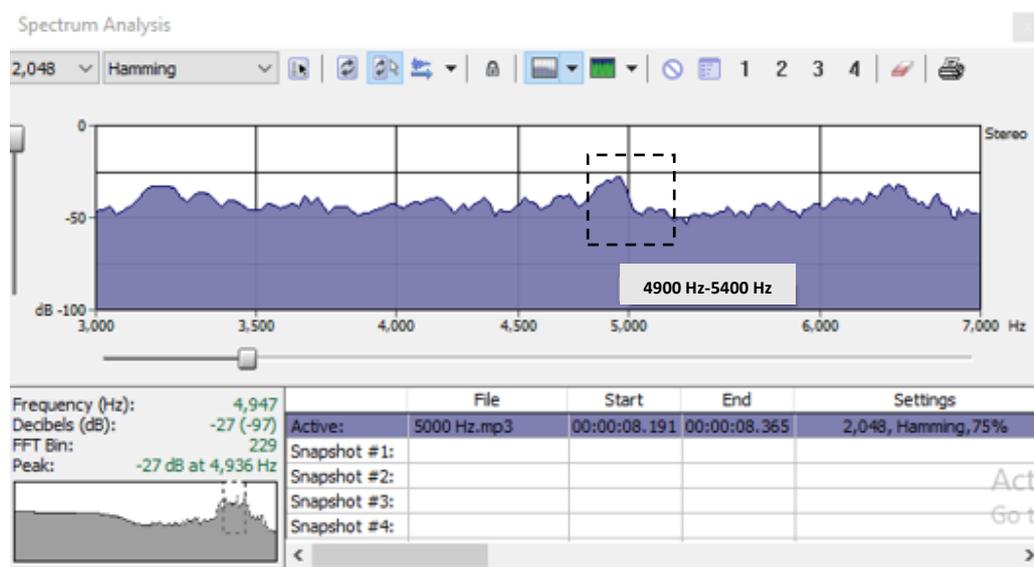
Gambar 4. 4 Gelombang Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 4300-4800 Hz

Analisis gelombang bunyi dengan teknik analisa *Fast Fourier Transform* (FFT) diperoleh spektrum gelombang bunyi seperti pada gambar 4.4. Dalam grafik gelombang bunyi dikonversi dari domain waktu yang kemudian menjadi spektrum bunyi di domain frekuensi. Hasil analisis menunjukkan bahwa *peak* frekuensi sebesar 4548 Hz dengan rentang frekuensi

yang mendominasi 4300-4800 Hz, sedangkan untuk taraf intensitas bunyi yang diterima oleh tanaman pada frekuensi tersebut adalah 72.5-79.8 dB. Dari hasil validasi tersebut dapat disimpulkan bahwa frekuensi yang diterima tanaman di lokasi penelitian tepat atau mendekati frekuensi yang diharapkan.

4.1.1.4 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4900-5400 Hz

Gelombang bunyi *lovebird* termanipulasi yang dipaparkan pada tanaman kedelai di lokasi penelitian dapat dianalisis dengan menginput *file* rekaman bunyi *lovebird* ke *software Sound Forge Pro 11.0*. Dalam gambar 4.5 memperlihatkan bentuk gelombang dalam domain frekuensi, sumbu x ialah frekuensi (Hz) sedangkan sumbu y ialah taraf intensitas (dB).



Gambar 4. 5 Gelombang Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 4900-5400 Hz

Analisis gelombang bunyi dengan teknik analisa *Fast Fourier Transform* (FFT) diperoleh spektrum gelombang bunyi seperti pada gambar 4.5. Dalam grafik gelombang bunyi dikonversi dari domain waktu yang kemudian menjadi spektrum bunyi di domain frekuensi. Hasil analisis

menunjukkan bahwa *peak* frekuensi sebesar 4936 Hz dengan rentang frekuensi yang mendominasi 4900-5400 Hz, sedangkan untuk taraf intensitas bunyi yang diterima oleh tanaman pada frekuensi tersebut adalah 73.1-79.5 dB. Dari hasil validasi tersebut dapat disimpulkan bahwa frekuensi yang diterima tanaman di lokasi penelitian tepat atau mendekati frekuensi yang diharapkan.

4.1.3 Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Terhadap Luas Bukaan Stomata Daun

Pengukuran data luas bukaan stomata daun kedelai dilaksanakan pada umur 61 hari setelah tanam pukul 07.30 WIB pada suhu 24°C. Pengambilan data ini dilakukan setelah 30 menit perangkat gelombang bunyi dihidupkan pada semua kelompok tanaman.

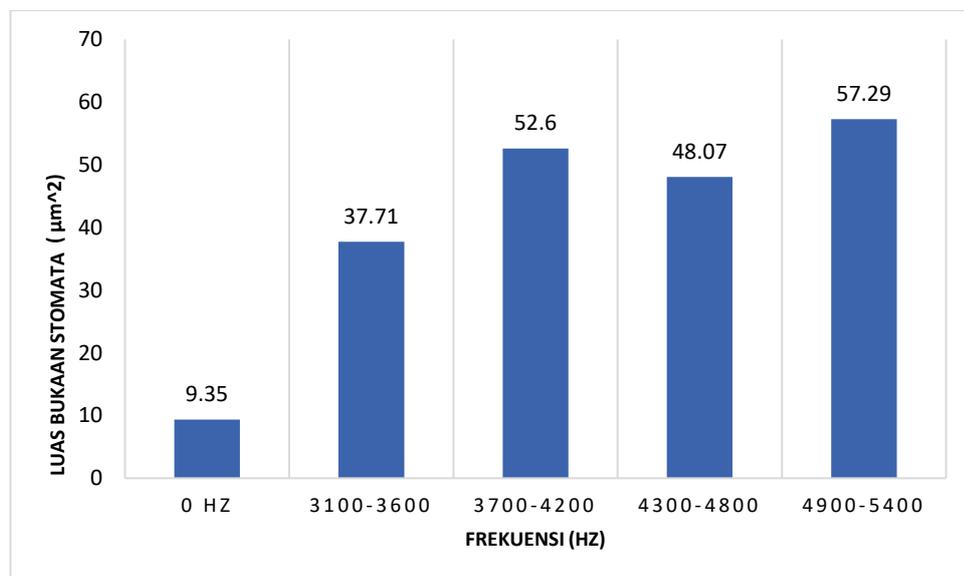
Data daun diambil pada seluruh kelompok tanaman, tiap tanaman dipilih satu daun secara random. Masing-masing kelompok tanaman didapatkan 24 sampel dan total data yang diambil 120 sampel. Sampel diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran lensa 40x. Bukaan stomata daun dihitung dengan rumus ellips sebagai berikut:

$$A = \frac{\pi}{4} \times P \times L$$

Berikut adalah hasil yang diperoleh dari pengamatan stomata daun kedelai pada seluruh kelompok tanaman pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Tabel Luas Bukaannya Stomata Daun

Frekuensi (Hz)	Luas Bukaannya Stomata (μm^2)				Rata-Rata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	
0	9.34	9.73	9.48	8.83	9.35 ± 0.4
3100-3600	37.99	43.60	32.68	36.56	37.71 ± 4.5
3700-4200	57.56	69.34	36.68	46.81	52.60 ± 14.1
4300-4800	40.52	50.68	53.48	47.60	48.07 ± 5.6
4900-5400	63.11	65.17	47.23	53.64	57.29 ± 8.4

Gambar 4. 6 Hubungan Frekuensi (Hz) Terhadap Luas Bukaannya Stomata Daun (μm^2)

Berdasarkan data hasil luas bukannya stomata pada tabel 4.2 dan diagram pada gambar 4.6 dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membandingkan rata-rata luas bukannya stomata tiap kelompok tanaman dengan variasi frekuensi agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data menghasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Hasil Uji ANOVA Pada Luas Bukaannya Stomata Daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5850.597	4	1462.649	22.915	.000
Within Groups	957.422	15	63.828		
Total	6808.018	19			

Sig.

H0: Tidak terdapat pengaruh frekuensi terhadap luas bukaan stomata daun

H1: Terdapat pengaruh (minimal satu frekuensi)

Syarat: jika Sig<0.05 maka H0 ditolak.

Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui hubungan antara pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap luas bukaan stomata kedelai.

Pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0.000 maka H0 ditolak, ini berarti bahwa terdapat pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap luas bukaan stomata daun yang diuji. Selanjutnya dilakukan uji lanjut DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui paparan rentang frekuensi gelombang bunyi yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 4 Hasil Uji DMRT 5% Pada Luas Bukaannya Stomata

Frekuensi (Hz)	Luas Bukaannya Stomata (μm^2)	Notasi Huruf
0	9.35 ± 0.4	a
3100-3600	37.71 ± 4.5	b
4300-4800	48.07 ± 5.6	bc
3700-4200	52.60 ± 14.1	c
4900-5400	57.29 ± 8.4	c

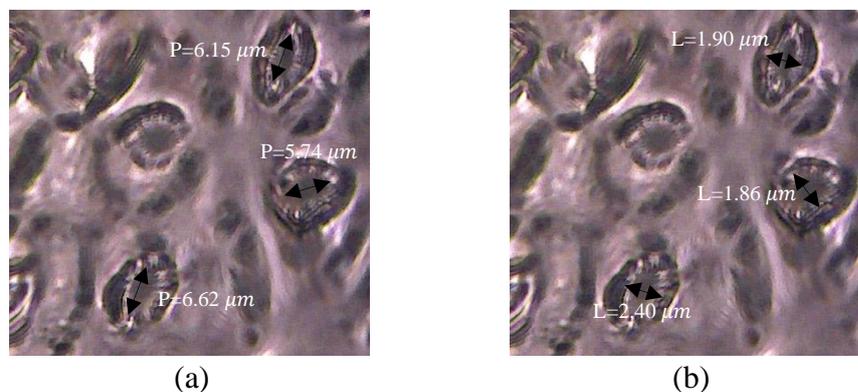
Keterangan: Frekuensi yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata

Pada tabel 4.4 paparan gelombang bunyi pada kelompok rentang frekuensi 4900-5400 Hz tidak berbeda nyata dengan kelompok frekuensi 3700-4200 Hz dan kelompok frekuensi 4300-4800 Hz yang menghasilkan luas bukaan stomata dengan notasi huruf c pada hasil uji DMRT. Semakin besar notasi maka menunjukkan luas bukaan stomata daun semakin besar.

Hasil uji DMRT 5% pada tabel 4.4 menunjukkan pengaruh paparan frekuensi bunyi *lovebird* terhadap luas bukaan stomata daun. Kelompok data yang memberikan perbedaan nyata yaitu pada paparan frekuensi bunyi 3700-5400 Hz terhadap luas bukaan stomata daun kedelai.

4.1.2.1 Kelompok Tanaman Tanpa Pemaparan/0 Hz

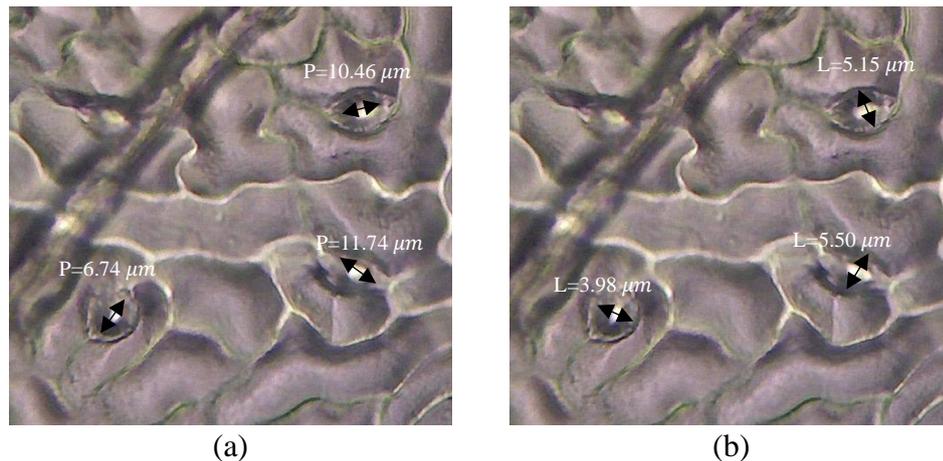
Berikut ini merupakan hasil pengamatan bukaan stomata pada kelompok tanaman kontrol atau tanpa paparan (0 Hz) menggunakan mikroskop ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Frekuensi 0 Hz (a) Panjang Bukaan Stomata (b) Lebar Bukaan Stomata

4.1.2.2 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3100-3600 Hz

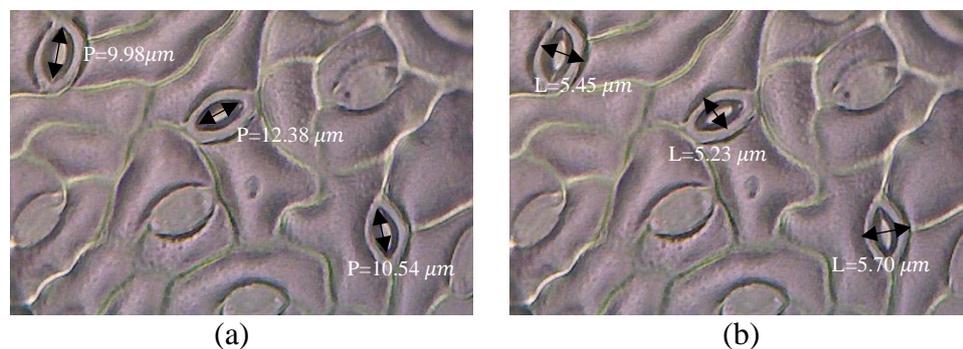
Berikut ini merupakan hasil pengamatan bukaan stomata pada kelompok tanaman dengan paparan bunyi rentang frekuensi 3100-3600 Hz menggunakan mikroskop ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Frekuensi 3100-3600 Hz (a) Panjang Bukaannya Stomata (b) Lebar Bukaannya Stomata

4.1.2.3 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 3700-4200 Hz

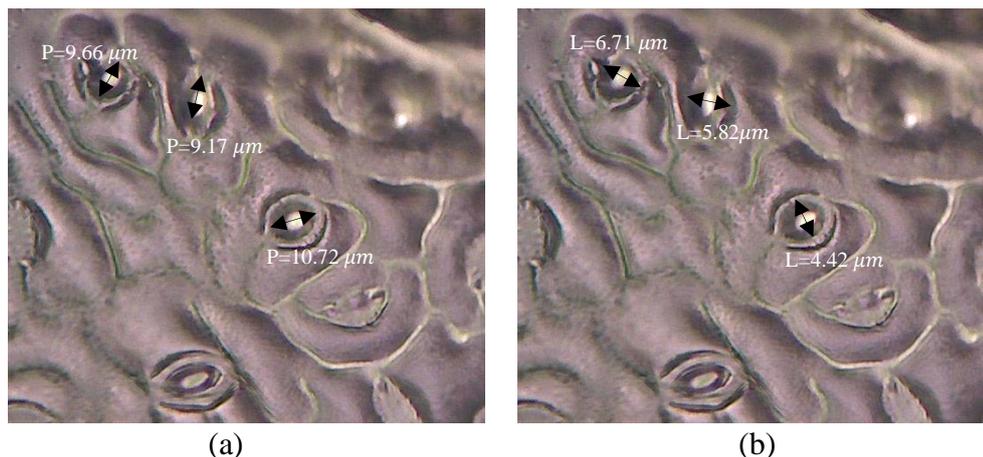
Berikut ini merupakan hasil pengamatan bukaan stomata pada kelompok tanaman dengan paparan bunyi rentang frekuensi 3700-4200 Hz menggunakan mikroskop ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Frekuensi 3700-4200 Hz (a) Panjang Bukaannya Stomata Daun (b) Lebar Bukaannya Stomata Daun

4.1.2.4 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4300-4800 Hz

Berikut ini merupakan hasil pengamatan bukaan stomata pada kelompok tanaman dengan paparan bunyi rentang frekuensi 4300-4800 Hz menggunakan mikroskop ditunjukkan pada gambar 4.10.



(a) (b)
Gambar 4. 10 Frekuensi 4300-4800 Hz (a) Panjang Bukaannya Stomata (b) Lebar Bukaannya Stomata

4.1.2.5 Kelompok Tanaman Pada Rentang Frekuensi 4900-5400 Hz

Berikut ini merupakan hasil pengamatan bukaan stomata pada kelompok tanaman dengan paparan bunyi rentang frekuensi 4900-5400 Hz menggunakan mikroskop ditunjukkan pada gambar 4.11.



(a) (b)
Gambar 4. 11 Frekuensi 4900-5400 Hz (a) Panjang Bukaannya Stomata (b) Lebar Bukaannya Stomata

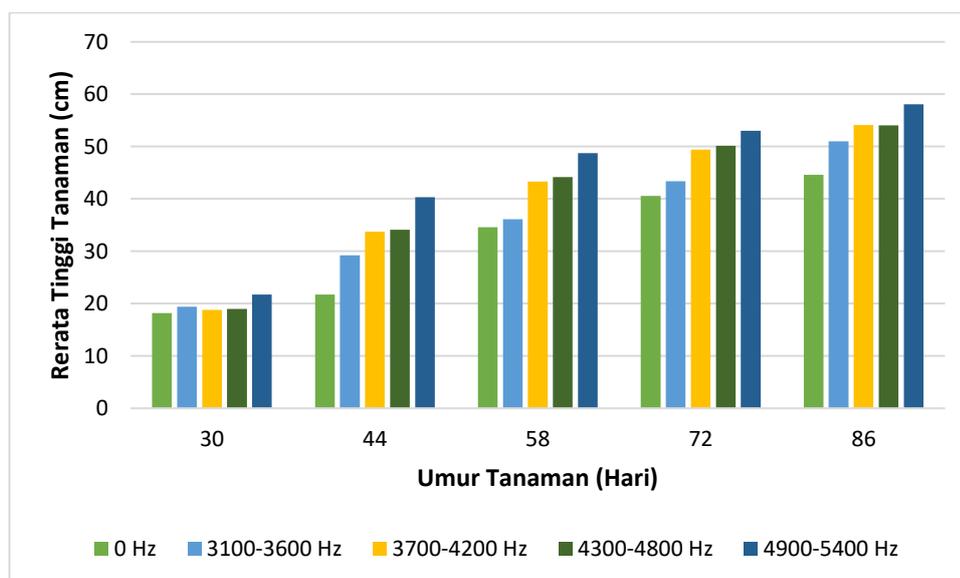
4.1.4 Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Tinggi Tanaman

Parameter pertumbuhan tanaman kedelai yang diukur karena pengaruh paparan bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz ialah tinggi tanaman. Pengukuran tinggi tanaman tiap 14 hari sekali mulai umur

30 hingga 86 hari setelah tanam. Pengukuran tinggi tanaman kedelai dilakukan mulai batang di atas permukaan tanah sampai ujung daun pada masing-masing tanaman yang terdiri dari 24 sampel tanaman pada tiap kelompok tanaman. Tinggi tanaman yang terukur kemudian dianalisa. Data rata-rata pengukuran tinggi tanaman ditunjukkan tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Tinggi Tanaman (cm)

No.	Umur (hari)	Rerata Tinggi Tanaman (cm)				
		0 Hz	3100-3600 Hz	3700-4200 Hz	4300-4800 Hz	4900-5400 Hz
1	30	18.2 ± 1.9	19.425 ± 0.9	18.8 ± 1.5	18.975 ± 0.8	21.725 ± 2.4
2	44	21.75 ± 1.9	29.225 ± 1.2	33.75 ± 2.8	34.125 ± 1.7	40.3 ± 1.7
3	58	34.575 ± 3.8	36.15 ± 1.4	43.325 ± 1.3	44.175 ± 1.7	48.725 ± 3.0
4	72	40.575 ± 1.4	43.375 ± 2.1	49.425 ± 3.1	50.125 ± 1.8	53.025 ± 1.7
5	86	44.625 ± 1.2	50.975 ± 1.9	54.125 ± 1.7	54.025 ± 2.2	58.05 ± 2.6



Gambar 4. 12 Hubungan Frekuensi (Hz) dan Umur Tanaman (hari) Terhadap Tinggi Tanaman (cm)

Berdasarkan data hasil tinggi tanaman dan grafik di atas perlu dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui laju pertumbuhan tinggi tanaman yang pengaruh signifikan dari seluruh kelompok data menghasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil Uji ANOVA Pada Tinggi Tanaman

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1791.848	4	447.962	2.953	.024
Within Groups	14411.108	95	151.696		
Total	16202.956	99			

Sig.

H0: Tidak terdapat pengaruh frekuensi terhadap tinggi tanaman

H1: Terdapat pengaruh (minimal satu frekuensi)

Syarat: jika $Sig < 0.05$ maka H0 ditolak.

Uji ANOVA dilakukan guna mengetahui hubungan antara pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap laju pertumbuhan tinggi tanaman pada seluruh kelompok tanaman umur 30-86 hst (hari setelah tanam).

Pada tabel 4.6 ditunjukkan nilai signifikansi 0.024 maka H0 ditolak, ini berarti bahwa terdapat pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap laju pertumbuhan tinggi tanaman. Selanjutnya dilakukan uji lanjut DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui paparan frekuensi gelombang bunyi yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 7 Hasil uji DMRT 5% Pada Tinggi Tanaman

Frekuensi (Hz)	Tinggi Tanaman (cm)	Notasi Huruf
0	31.945	a
3100-3600	35.830	a
4300-4800	39.885	ab
3700-4200	40.285	ab
4900-5400	44.365	b

Keterangan: Frekuensi yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata

Pada tabel 4.7 paparan gelombang bunyi pada kelompok frekuensi 4900-5400 Hz tidak berbeda nyata dengan kelompok frekuensi 3700-4200 Hz dan kelompok rentang frekuensi 4300-4800 Hz yang menghasilkan tinggi tanaman kedelai dengan notasi huruf b pada hasil uji DMRT. Semakin besar notasi maka menunjukkan tinggi tanaman semakin besar.

Hasil uji DMRT 5% pada tabel 4.7 menunjukkan pengaruh paparan frekuensi bunyi *lovebird* terhadap tinggi tanaman. Kelompok data yang memberikan perbedaan nyata yaitu pada paparan frekuensi bunyi 3700-5400 Hz terhadap tinggi tanaman kedelai.

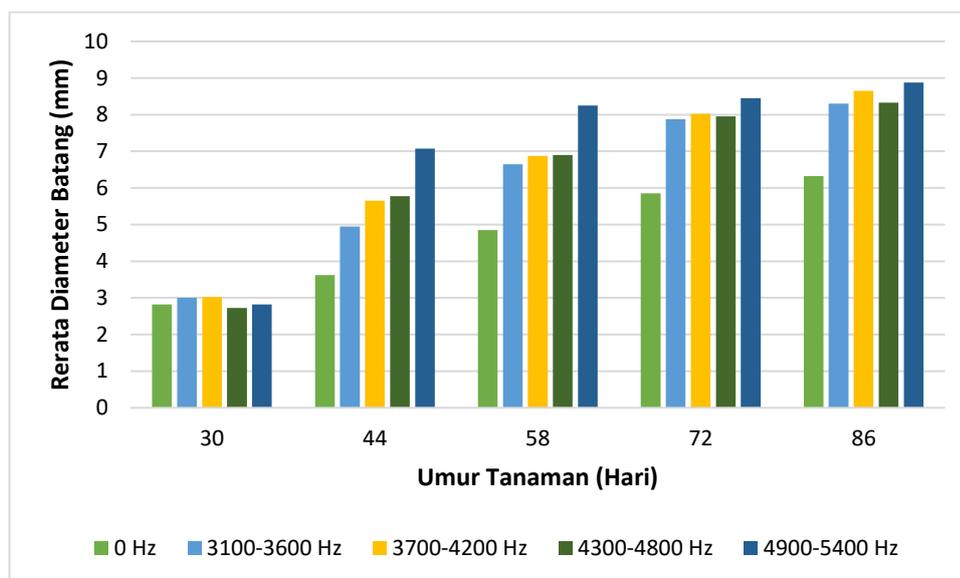
4.1.5 Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Diameter Batang

Parameter kedua yang diamati dari pertumbuhan tanaman kedelai karena paparan bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz ialah diameter batang. Pengukuran diameter batang tiap 14 hari sekali, diukur mulai umur 30 hingga 86 hari setelah tanam. Pengukuran diameter batang kedelai dilakukan pada batang 5 cm dari atas permukaan tanah pada masing-masing tanaman yang terdiri dari 24 sampel tanaman pada tiap kelompok

tanaman. Diameter batang tanaman kedelai yang diperoleh dari masing-masing sampel selanjutnya dianalisa. Data diameter batang kedelai ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Data Diameter Batang (mm)

No.	Umur (hari)	Rerata Diameter Batang (mm)				
		0 Hz	3100-3600 Hz	3700-4200 Hz	4300-4800 Hz	4900-5400 Hz
1	30	2.825 ± 0.2	3 ± 0.2	3.025 ± 0.1	2.725 ± 0.1	2.825 ± 0.2
2	44	3.625 ± 0.5	4.95 ± 0.2	5.65 ± 0.4	5.775 ± 0.3	7.075 ± 0.4
3	58	4.85 ± 0.5	6.65 ± 0.5	6.875 ± 0.7	6.9 ± 0.4	8.25 ± 0.3
4	72	5.85 ± 0.5	7.875 ± 0.3	8.025 ± 0.4	7.95 ± 0.4	8.45 ± 0.2
5	86	6.325 ± 0.8	8.3 ± 0.1	8.65 ± 0.2	8.325 ± 0.3	8.875 ± 0.1



Gambar 4. 13 Hubungan Frekuensi (Hz) dan Umur Tanaman (hari) Terhadap Diameter Batang (mm)

Berdasarkan data hasil diameter batang dan grafik di atas perlu dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui laju pertumbuhan diameter batang yang pengaruh signifikan dari seluruh kelompok data menghasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Hasil uji ANOVA Pada Diameter Batang

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	62.624	4	15.656	3.913	.006
Within Groups	380.104	95	4.001		
Total	442.728	99			

Sig.

H0: Tidak terdapat pengaruh frekuensi terhadap diameter batang

H1: Terdapat pengaruh (minimal satu frekuensi)

Syarat: jika $Sig < 0.05$ maka H0 ditolak.

Uji ANOVA dilakukan guna mengetahui hubungan antara pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap laju pertumbuhan diameter batang pada seluruh kelompok tanaman umur 30-86 hst (hari setelah tanam).

Pada tabel 4.9 ditunjukkan nilai signifikansi 0.006 maka H0 ditolak, ini berarti bahwa terdapat pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap laju pertumbuhan diameter batang. Selanjutnya dilakukan uji lanjut DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui paparan frekuensi gelombang bunyi yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 10 Hasil uji DMRT 5% Pada Diameter Batang

Frekuensi (Hz)	Diameter Batang (mm)	Notasi Huruf
0	4.6950	a
3100-3600	5.1550	a
4300-4800	6.3350	b
3700-4200	6.4450	b
4900-5400	7.0950	b

Keterangan: Frekuensi yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata

Pada tabel 4.10 paparan gelombang bunyi pada kelompok frekuensi 4900-5400 Hz tidak berbeda nyata dengan kelompok frekuensi 3700-4200 Hz dan kelompok frekuensi 4300-4800 Hz yang menghasilkan diameter batang kedelai dengan notasi huruf b pada hasil uji DMRT. Semakin besar notasi maka menunjukkan diameter batang semakin besar.

Hasil uji DMRT 5% pada tabel 4.10 menunjukkan pengaruh paparan frekuensi bunyi *lovebird* terhadap diameter batang. Kelompok data yang memberikan perbedaan nyata yaitu pada paparan frekuensi bunyi 3700-5400 Hz terhadap diameter batang kedelai.

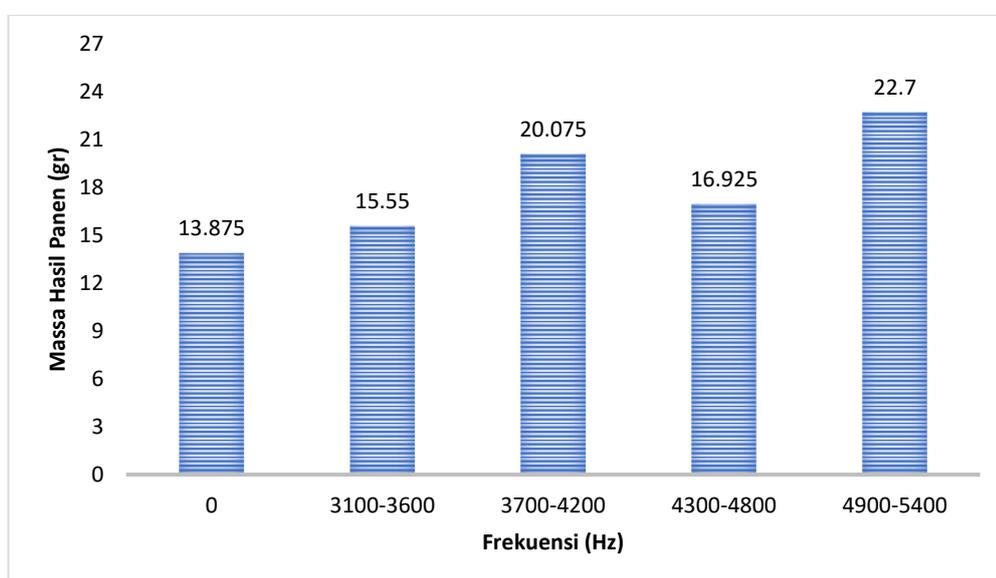
4.1.6 Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Massa Hasil Panen

Pengamatan massa hasil panen tanaman dilaksanakan sesudah panen seluruh kelompok tanaman. Sesudah panen, tanaman dikelompokkan pada setiap ulangan agar dipisahkan dengan kulit kedelai kemudian dikeringkan. Pengukuran massa hasil panen tanaman kedelai untuk semua tanaman kedelai sebesar 24 tanaman tiap kelompok. Jumlah total tanaman kedelai pada kebun

yang berukuran 5 x (1 x 1.5) m² sebanyak 120 tanaman kedelai. Data pengukuran massa hasil panen ditunjukkan tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Data Massa Hasil Panen (gr)

Frekuensi (Hz)	Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)				Rata-Rata
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	
0	12.5	13.2	15	14.8	13.9 ± 0.8
3100-3600	15.8	15	14.7	16.7	15.6 ± 0.9
3700-4200	18.5	20	20.3	21.5	20.1 ± 1.2
4300-4800	16.5	16.8	16.7	17.7	16.9 ± 0.7
4900-5400	21.7	22.8	22.5	23.8	22.7 ± 0.9



Gambar 4. 14 Hubungan Frekuensi (Hz) Terhadap Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)

Hasil produksi kedelai pada masing-masing kelompok tanaman dengan pemberian gelombang bunyi seperti gambar 4.14. Berdasarkan data hasil massa panen dan diagram di atas perlu dilakukan uji *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk membandingkan rata-rata massa hasil panen per tanaman dengan variasi rentang frekuensi agar mengetahui perbedaan signifikan dari dua atau lebih kelompok data menghasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Hasil Uji ANOVA Pada Massa Hasil Panen

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	201.665	4	50.416	51.967	.000
Within Groups	14.553	15	.970		
Total	216.217	19			

Sig.

H0: Tidak terdapat pengaruh frekuensi terhadap massa hasil panen

H1: Terdapat pengaruh (minimal satu frekuensi)

Syarat: jika $Sig < 0.05$ maka H0 ditolak.

Uji ANOVA dilakukan guna mengetahui hubungan antara pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap massa hasil panen kedelai.

Pada tabel 4.12 ditunjukkan nilai signifikansi 0.000 maka H0 ditolak, ini berarti bahwa terdapat pengaruh paparan frekuensi gelombang bunyi terhadap massa hasil panen. Selanjutnya dilakukan uji lanjut DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui kelompok data yang berpengaruh signifikan.

Tabel 4. 13 Hasil Uji DMRT 5% Pada Massa Hasil Panen

Frekuensi (Hz)	Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)	Notasi Huruf
0	13.9 ± 0.8	a
3100-3600	15.6 ± 0.9	b
4300-4800	16.9 ± 0.7	b
3700-4200	20.1 ± 1.2	c
4900-5400	22.7 ± 0.9	d

Keterangan: Frekuensi yang memiliki huruf yang sama tidak berbeda nyata

Pada tabel 4.13 paparan gelombang bunyi pada kelompok frekuensi 4900-5400 Hz menghasilkan massa hasil panen per tanaman dengan notasi paling tinggi yakni huruf d pada hasil uji DMRT. Semakin besar notasi maka menunjukkan massa hasil panen per tanaman semakin besar.

Hasil uji DMRT 5% pada tabel 4.13 menunjukkan pengaruh paparan frekuensi bunyi *lovebird* terhadap massa hasil panen per tanaman. Kelompok data yang memberikan perbedaan nyata yaitu pada paparan frekuensi bunyi 4900-5400 Hz terhadap massa hasil panen per tanaman kedelai.

4.2 Pembahasan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa gelombang bunyi berpengaruh positif dalam meningkatkan luas bukaan stomata, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil panen. Pada variasi frekuensi yang tinggi yakni 3700-5400 Hz dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai terlihat pada peningkatan parameter luas bukaan stomata, tinggi tanaman, dan diameter batang terbaik diperoleh pada pemberian gelombang bunyi dengan rentang frekuensi 3700-5400 Hz. Sedangkan pada variasi frekuensi 4900-5400 Hz dapat meningkatkan produktivitas kedelai terlihat pada hasil panen terbaik pada pemberian gelombang bunyi dengan rentang frekuensi tersebut. Pada penelitian Nur Kadarisman (2011) diperoleh pertumbuhan dan produktivitas kentang terbaik pada frekuensi 3000 Hz, berdasarkan hasil penelitian dan penelitian sebelumnya bahwa pemberian gelombang bunyi ke tanaman memiliki pengaruh yang baik dibandingkan tanpa pemberian gelombang bunyi dan semakin tinggi frekuensi yang diberikan maka semakin baik pula pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Pemaparan gelombang bunyi khususnya bunyi dari burung *lovebird* yang telah dimanipulasi pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) memberikan efek positif dalam pertumbuhan dan produktivitas tanaman sebab bunyi adalah gelombang dengan kemampuan menggetarkan partikel-partikel yang telah dilaluinya (Song dkk, 2021). Paparan bunyi yang diberikan mulai dengan umur 30 hari oleh perangkat *audio bio harmonic* akan memancarkan gelombang yang mengenai sitoplasma sel kemudian memunculkan *microbubbles* dan beresonansi yang dapat mendorong dinding sel pelindung sehingga tekanan turgorsitas meningkat dan stomata terbuka secara optimal (Syamsuri, 2003). Oleh karena itu perlakuan gelombang bunyi yang dipaparkan pada tanaman kedelai mulai umur 30 hari setelah tanam hingga masa panen memiliki manfaat pada pertumbuhan tanaman karena zat-zat dan mineral yang terserap oleh tanaman lebih maksimal akibat terbukanya stomata yang optimal.

Stomata merupakan lubang yang terletak di antara dua sel penjaga (*guard cell*) dengan beberapa bagian sel penjaga, sel tetangga, bagian porus, serta ruang udara dalam. Kloroplas pada sel penjaga berperan dalam proses fotosintesis untuk pembentukan tepung asimilasi. Pembukaan stomata daun dapat terjadi ketika dua sel penjaga pada stomata bergerak karena adanya peningkatan tekanan sebab resonansi bunyi yang dipaparkan membuat zat hara dan zat-zat lain masuk ke dalam sel (Widyawati dkk, 2011). Paparan gelombang bunyi dari suara *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3700-5400 Hz membuat pertumbuhan tanaman kedelai terus mengalami peningkatan karena penyerapan mineral dan zat-zat yang penting bagi tumbuhan optimal sehingga pertumbuhan dan produktivitas

tanaman kedelai terbaik pada paparan gelombang bunyi *lovebird* dengan rentang frekuensi 3700-5400 Hz.

Pada tanaman kedelai yang dipapari gelombang bunyi mengalami pertumbuhan yang lebih baik dari pada tanaman tanpa paparan. Bunyi *lovebird* dimanipulasi pada rentang frekuensi 3700-5400 Hz memberikan pertumbuhan optimal pada tanaman kedelai terlihat pada parameter luas bukaan stomata, tinggi tanaman, dan diameter batang yang telah diukur. Perangkat yang memancarkan bunyi ke tanaman akan membawa energi ke permukaan daun yang dapat menstimulasi stomata, hal itu memperpanjang periode pembukaan stomata dan di samping itu proses transpirasi juga terus berlangsung sehingga memperpanjang masa penyerapan unsur hara dalam akar untuk menyeimbangi proses transpirasi. Terbukanya stomata mengakibatkan gas oksigen O₂ keluar berdifusi sedangkan gas karbondioksida CO₂ masuk ke dalam sel untuk zat dalam proses fotosintesis dengan sinar matahari kemudian proses fotosintesa itu akan memberikan pengaruh pada proses respirasi, sebab hasil dari fotosintesis adalah karbohidrat yang merupakan bahan utama proses respirasi. Selanjutnya proses respirasi menghasilkan ATP (*Adenosin Tri Phospate*) (Nur Kadarisman dkk, 2011). Mekanisme bunyi ke tanaman itulah yang membuat tanaman tumbuh dan menghasilkan buah lebih optimal dibandingkan tanpa pemberian gelombang bunyi. Tanaman kontrol atau tanaman tanpa paparan gelombang bunyi memiliki luas bukaan stomata dengan rata-rata sebesar $9.35 \mu m^2$ dan pada tanaman yang dipapari gelombang bunyi pada rentang frekuensi 4900-5400 Hz lebih tinggi yaitu $57.29 \mu m^2$. Oleh karena itu gelombang bunyi memiliki efek yang baik pada pembukaan stomata secara optimal.

Menurut Nur Kadarisman (2011), frekuensi bunyi bisa memperpanjang periode terbukanya stomata sehingga proses transpirasi terus berlangsung, dan juga memperpanjang masa menyerapnya unsur untuk menyeimbangkan proses transpirasi. Proses penyerapan unsur hara yang panjang tersebut memberikan efek positif pada tinggi tanaman dan diameter batang tanaman kedelai. Tinggi tanaman tanaman tanpa paparan gelombang bunyi pada umur tanaman 86 hari memiliki rata-rata sebesar 44.6 cm dan pada tanaman yang dipapari bunyi pada rentang frekuensi 4900-5400 Hz lebih tinggi yaitu 58.05 cm. Sementara itu, rata-rata diameter batang tanaman tanpa paparan gelombang bunyi pada umur tanaman 86 hari sebesar 6.3 mm sedangkan pada tanaman yang dipapari bunyi pada rentang frekuensi 4900-5400 Hz lebih tinggi yaitu 8.8 mm. Hal tersebut terbukti bahwa tanaman kedelai yang dipapari bunyi lebih baik dibandingkan dengan tanpa paparan bunyi.

Teknologi *sonic bloom* yang digunakan dalam penelitian ini, merupakan pemanfaatan gelombang bunyi berfrekuensi tinggi yang dipadukan pemupukan daun dengan pelarutan pupuk yang mengandung trace mineral untuk merangsang pembukaan stomata (Fahrul dkk, 2018). Teknik tersebut ialah cara pemupukan sangat efektif dibandingkan teknik biasa, hal itu dikarenakan nutrisi dapat langsung terserap oleh stomata yang kemudian dapat langsung dapat diproses pada klorofil. Meningkatnya penetrasi dan translokasi nutrisi pada daun maka meningkat pula metabolisme dalam tanaman maka dari itu pertumbuhan dan produksi pun meningkat (Mastur, 2015). Pada tanaman kedelai tanpa paparan gelombang bunyi rata-rata massa hasil panen per tanaman sebesar 13.9 gram, sedangkan pada tanaman kedelai dengan paparan gelombang bunyi dengan rentang frekuensi 4900-5400 Hz sebesar 22.7 gram. Oleh karena itu sesuai dengan teori bahwa gelombang

bunyi yang dipaparkan pada tanaman dengan dipadukan penyemprotan pupuk secara berkala dapat menstimulasi metabolisme sel-sel tanaman sehingga dapat meningkatkan penyerapan nutrisi melalui daun. Pengaruh yang sangat menakjubkan ialah pertumbuhan dan produksi tanaman yang optimal.

Hasil keseluruhan pada parameter luas bukaan stomata daun, tinggi tanaman, diameter batang, dan massa hasil per tanaman menunjukkan bahwa pemaparan frekuensi bunyi terbaik pada rentang frekuensi 3700-5400 Hz. Hal itu ditunjukkan oleh data dan diagram yang telah diolah dalam *Ms.Excell*, dalam diagram terlihat dari tertinggi hingga terendah kelompok 4900-5400 Hz, 3700-4200 Hz, 4300-4800 Hz, 3100-3600 Hz, dan 0 Hz. Jika dilihat frekuensi tinggi memberikan pengaruh yang tinggi pula terhadap parameter yang diuji, namun kenyataan dengan hasil penelitian yang diperoleh bahwa tidak semua frekuensi tinggi memberikan pengaruh yang tinggi pula. Hal tersebut disebabkan tiap frekuensi yang dipancarkan memberikan pengaruh yang berbeda, dan tiap tanaman juga memiliki kapasitas yang berbeda pula (Kadarisman dkk, 2011). Dari hasil uji ANOVA dan DMRT 5% untuk kelompok 4300-4800 Hz tidak berbeda nyata dengan kelompok 3700-4200 Hz dan 4900-5400 Hz, meskipun kelompok 3700-4200 Hz memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan kelompok 4300-4800 Hz namun selisih hasil dari kedua kelompok frekuensi tersebut tidak signifikan.

Keras lemahnya dalam besaran taraf intensitas bunyi yang diterima dari gelombang bunyi *lovebird* termanipulasi yang dipaparkan terhadap tanaman kedelai menggunakan perangkat *audio bio harmonic* pada seluruh kelompok tanaman perlakuan yang terdiri dari 4 ulangan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda pada tiap ulangan dengan rentang taraf intensitas 72.5-79.8 dB, hal tersebut

dikarenakan jarak antar ulangan cenderung kecil yakni 20 cm. Dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari taraf intensitas bunyi yang diterima oleh tanaman memiliki pengaruh yang tidak nyata karena antar ulangan memiliki beda taraf intensitas bunyi tidak signifikan.

4.3 Hasil Penelitian Dalam Perspektif Islam

Pada penelitian yang berjudul “Pengaruh Bunyi *Lovebird* Termanipulasi Pada Rentang Frekuensi 3100-5400 Hz Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merill.)” memiliki tujuan untuk mengamati pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai. Untuk membantu keberlangsungan tumbuhnya tanaman kedelai dan nantinya diperoleh hasilnya membutuhkan tanah yang subur yang berada di bumi Indonesia yang diturunkan oleh Allah SWT sesuai dengan QS. Al-A’raf ayat 58:

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرِجُ نَبَاتَهُ ۗ وَيَاذَنُ رَبِّهِ ۗ وَالَّذِي خُبثَ لَا يَخْرِجُ إِلَّا نَكِدًّا كَذَلِكَ نُصَرِّفُ
الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ ٥٨٤

“Tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur seizin Tuhannya. Adapun tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami jelaskan berulang kali tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.” QS Al-A’raf [7]: 58

Pada tafsir dari Departemen Agama RI mengulas bahwa tipe tanah dalam permukaan bumi terdapat yang baik, ketika dituruni air hujan dapat menumbuhkan beberapa jenis tanaman dan dapat memproduksi makanan yang melimpah, dan terdapat juga yang tak baik, walaupun dituruni hujan yang lebat menumbuhkan tanaman merana tetapi tidak memproduksi apapun (Departemen Agama RI, 2009).

Secara umum tanaman yang ditanam memerlukan media tanam tanah yang baik atau subur (Zuhaida, 2018). Tanah yang baik dan subur akan menumbuhkan

tanaman dengan baik pula begitu pula dengan tanaman kedelai yang membutuhkan tanah yang baik agar nantinya membuahakan hasil yang baik.

Tanaman kacang kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditi tanaman pangan yang sudah dari lama dibudidayakan di Indonesia yang sekarang tak hanya sebagai bahan baku industri pangan saja tetapi juga sebagai bahan baku industri non-pangan. Hasil produk kedelai yakni, tahu, tempe, es krim, susu kedelai, minyak kedelai, tepung kedelai, pakan ternak, dan bahan baku industri lainnya. Kedelai merupakan tanaman biji-bijian yang juga disebut dalam Al-Qur'an yang hasilnya dapat bermanfaat untuk ditanam kembali maupun diolah menjadi produk yang memiliki kandungan gizi yang tinggi. Firman Allah SWT dalam QS. Yasin [36]: 33 sebagai berikut:

وَآيَةٌ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيْتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ۝ ٣٣

“Suatu tanda (kekuasaan-Nya) bagi mereka adalah bumi yang mati (tandus lalu) Kami menghidupkannya dan mengeluarkan darinya biji-bijian kemudian dari (biji-bijian) itu mereka makan.” QS. Yasin [36]: 33

Quraish Shihab (2013) menafsirkan bahwa ayat ini mengajak untuk memperhatikan kekuasaan Allah SWT di alam semesta, salah satunya adalah tumbuhan termasuk biji-bijian. Kenikmatan yang telah Allah SWT berikan dengan menciptakan alam semesta yang di dalamnya terdapat alam dan makhlukNya. Kenikmatan yang telah diberikan ini wajib disyukuri dengan senantiasa menjaga, merawat, dan melestarikan sumber daya alam yang tersedia di bumi. Pengembangan teknologi yang harusnya tidak mencemari lingkungan sekitarnya termasuk teknologi *sonic bloom* yang digunakan dalam penelitian merupakan bentuk upaya untuk melestarikan lingkungan. Pemanfaatan gelombang bunyi dengan menggunakan teknologi *sonic bloom* ini telah diuji dan menghasilkan yang baik tanpa merusak

lingkungan di sekitar. Allah SWT selalu meridhai makhlukNya yang mau berbuat baik dan berfikir tanpa melanggar perintahNya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan dan produktivitas terbaik diperoleh pada kelompok tanaman dengan rentang frekuensi 3700-5400 Hz. Angka tersebut sesuai dengan rentang frekuensi pada teknologi *sonic bloom* yakni 3000 sampai 5000 Hz. Hal ini juga sesuai dengan firman Allah SWT dalam Surah Al-Hijr: 19-21.

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رُوسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ۝ ١٩ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَ وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرِزْقِينَ ۝ ٢٠ وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ ۝ ٢١

“19. Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran. 20. Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya. 21. Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu.”

Ayat ini memberikan gambaran bahwa betapa banyak fasilitas yang telah Allah sediakan bagi manusia untuk dipergunakan bagi kebutuhan hidupnya, dengan catatan haruslah dengan kesadaran menjaga keseimbangan dan kelestarian alam. Allah menghamparkan bumi beserta seluruh isinya sebagai sumber kehidupan. Dijadikannya gunung-gunung dengan iklim yang cocok untuk pertanian, laut dijadikan sebagai sumber pencarian sang nelayan. Begitupula dengan sungai-sungai yang mengalir, tumbuh-tumbuhan bahkan hewan diciptakan Allah untuk kesejahteraan umat manusia. Sepantasnya manusia bersyukur dengan semua karunia yang Allah berikan. Semua yang diciptakan oleh Allah SWT telah disesuaikan dengan ukurannya masing-masing sesuai yang disebutkan dalam ayat

di atas sama dengan hasil penelitian yang ukuran frekuensinya sesuai. Hal tersebut juga sesuai dengan firman Allah SWT pada Surah Al-Furqan ayat 2:

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُنْ لَهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ۚ

“Yang memiliki kerajaan langit dan bumi, tidak mempunyai anak, tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan(-Nya), dan Dia menciptakan segala sesuatu, lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat.”

Tafsir ringkas Kemenag RI, Allah SWT yang menurunkan “Furqan” itu adalah Dia yang memiliki kerajaan langit dan bumi. Kekuasaan-Nya begitu sempurna dan kemampuan-Nya tidak terbatas dalam mengurus keduanya. Dia tidak mempunyai anak karena Dia tidak membutuhkannya, dan tidak pula ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan-Nya karena Dia Mahakuasa sehingga tidak memerlukan bantuan, dan Dia menciptakan segala sesuatu lalu menetapkan ukuran-ukurannya dengan tepat, teliti, dan penuh hikmah. Penjelasan dari tafsir tersebut sesuai dengan konsep ukuran frekuensi bunyi yang dapat bermanfaat bagi tanaman. Pada teknologi *sonic bloom* ini memanfaatkan gelombang bunyi dengan ukuran frekuensi tertentu agar dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kedelai. Rentang ukuran frekuensi dalam teknologi *sonic bloom* ini adalah 3000 Hz hingga 5000 Hz yang merupakan ukuran frekuensi yang bermanfaat untuk diterima oleh tanaman dan hasil dari penelitian ini ukuran frekuensi yang paling terbaik adalah pada rentang frekuensi 3700-5400 Hz. Sesungguhnya ukuran tersebut telah ditentukan oleh Allah SWT karena Dia telah menciptakan segala sesuatu lalu menetapkan ukuran-ukuran yang tepat dan teliti agar diperoleh hikmah yang baik bagi manusia.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa pengaruh bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz yang dipaparkan menggunakan perangkat yang telah diisikan bunyi tertentu atau *audio bio harmonic* (ABH) ialah sebagai berikut:

1. Pemaparan bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Hal tersebut terlihat pada beberapa parameter sebagai berikut:
 - a. Luas bukaan stomata daun kedelai terbaik pada kelompok tanaman dengan rentang frekuensi 3700-5400 Hz.
 - b. Laju pertumbuhan tinggi tanaman kedelai terbaik pada kelompok tanaman dengan rentang frekuensi 3700-5400 Hz.
 - c. Laju pertumbuhan diameter batang tanaman kedelai terbaik pada kelompok tanaman dengan rentang 3700-5400 Hz.
2. Pemaparan bunyi *lovebird* termanipulasi pada rentang frekuensi 3100-5400 Hz berpengaruh terhadap produktivitas tanaman kedelai. Hal tersebut terlihat pada parameter massa hasil panen kedelai terbaik pada kelompok tanaman dengan rentang frekuensi 4900-5400 Hz.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilaksanakan disarankan untuk meningkatkan beberapa hal yaitu sebagai berikut:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut pada varietas tanaman yang lain dengan menambah variasi waktu pemaparan gelombang bunyi.
2. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi frekuensi yang lebih tinggi lagi karena setiap jenis tanaman memiliki kapasitas optimum yang berbeda.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait nilai kualitas dari hasil panen.
4. Dapat diciptakan alat atau perangkat khusus untuk teknologi *sonic bloom* dengan pengaturan frekuensi yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qur'an Dan Terjemahannya. 2019. *Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an*. Jakarta: Badan Litbang Dan Diklat Kementerian Agama Ri.
- Bochu, W. *et al.* 2001. *The Effects Of Alternative Stress On The Cell Membrane Deformability Of Chrysanthemum Callus Cells*. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*. Vol. 4: 321–325.
- Bochu, W. *et al.* 2003. *Biological Effect Of Sound Field Stimulation On Paddy Rice Seeds*. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*. Vol. 1: 29–34.
- Bochu, W., Yoshikoshi, A. And Sakanishi, A. 1998. *Carrot Cell Growth Response In A Stimulated Ultrasonic Environment*. *Colloids And Surfaces B: Biointerfaces*. Vol. 2: 89–95.
- Cahyono, B. 2007. *Kedelai: Teknik Budidaya Dan Analisis Usaha Tani*. Semarang: Cv. Aneka Ilmu.
- Carlson. 2014. *Human Embryology & Developmenal Biology*. Philadelphia: Elsevier.
- Chowdhury, M. E. K., Lim, H.-S. And Bae, H. 2014. *Update On The Effects Of Sound Wave On Plants*. *Research In Plant Disease*. Vol. 1: 1–7.
- College Loan Consolidation. 2014. *Tinggi Nada Dan Frekuensi Bunyi*. [Http://Fisikazone.Com/Tinggi-Nada-Dan-Frekuensi-Bunyi/](http://Fisikazone.Com/Tinggi-Nada-Dan-Frekuensi-Bunyi/). Diakses 8 Maret 2021
- Deviana. 2015. *Dunia Sains: Laporan Go-5 Cepat Rambat Di Udara*. [Http://Devianaeka.Blogspot.Com/2015/12/Laporan-Go-5-Cepat-Rambat-Di-Udara.Html](http://Devianaeka.Blogspot.Com/2015/12/Laporan-Go-5-Cepat-Rambat-Di-Udara.Html), Diakses 8 Maret 2021
- Doorne, Y. Van. 2000. *The Effects Of Variable Sound Frequencies On Plant Growth And Development*.
- Firmansyah, Fahrul., Sumayyah, H., Mahendra, D. Dwilaksana, D. 2018 *Rancang Bangun Automatic Audio Frequency Foliar Fertilizatiom Sebagai Teknologi Alternatif Untuk Meningkatkan Hasil Produktivitas Tanaman*. *Jurnal Rotor*. Vol. 11 (1): 8-13.
- Febri, R. 2012. *Kedelai*. [Http://Blog.Ub.Ac.Id/Ramdhanfebri/Files/](http://Blog.Ub.Ac.Id/Ramdhanfebri/Files/). Diakses 23 Maret 2021
- Halliday, Resnick, Dan W. 2010. *Fisika Dasar Edisi Ke-7*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Hassanien, R. H. E. *et al.* 2014. *Advances In Effects Of Sound Waves On Plants*. Journal Of Integrative Agriculture Vol.2: 235-348.
- Hugh D. Young & Roger A. Freedman. 2002. *Fisika Universitas Edisi Ke-10 Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Junfang, Z. 2012. *Application Progress Of Plant Audio Control Technology In Modern Agriculture*.
- Kadarisman, Nur., Purwanto A., Rosana, D. 2011. *Peningkatan Laju Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kentang (Solanum tuberosum L.) Melalui Spesifikasi Variabel Fisis Gelombang Akustik Pada Pemupukan Daun (Melalui Perlakuan Variasi Peak Frekuensi)*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA. Yogyakarta: UNY Press
- Kambhampati, R. 2016. *How Will You Distinguish Between Dicot Plants And Monocot Plants Morphologically And Anatomically*. Indiastudychannel.Com.
- Kustaman, R. 2018. *Bunyi Dan Manusia*. Protvf. Vol. 2: 117.
- Kusuma, R. 2018. *Cepat Rambut Bunyi*.
- Lakitan, B. 1993. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Masruroh, S. 2008. *Uji Cekaman Garam (Nacl) Pada Perkecambahan Beberapa Kultivar Kedelai (Glycine Max (L). Merrill)*. Skripsi. Malang: Uin Malang
- Mastur. 2015. *Sinkronisasi Source And Sink Untuk Peningkatan Produktivitas Pada Tanaman Jarak Pagar*. Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Intustri. Vo. 7 (1): 52-68.
- Mulyadi, A., Mairani, P. And Sunandar, A. 2005. *Pengaruh Teknologi Pemupukan Bersama Gelombang Suara (Sonic Bloom) Terhadap Perkecambahan Dan Pertumbuhan Semai Acacia Mangium Willd*. Jurnal Manajemen Hitan Dan Tropika. Vol. 1: 67–75.
- Noor, Isti. 2012. *Pengaruh Suara Anjing Tanah Terhadap Pertumbuhan Kedelai*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- O'brien, W. D. 2007. *Ultrasound-Biophysics Mechanisms*. Progress In Biophysics And Molecular Biology. Vol. 1–3: 212–255.
- Prasetyo, J. Dan Lazuardi, I. B. .2017. *Pemaparan Teknologi Sonic Bloom Dengan Pemanfaatan Jenis Musik Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Selada Krop (Lactuca Sativa L)*. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem. Vol. 2: 189–199.

- Rahmaniah, R. Dan Nurjannah, N. 2017. *Pengaruh Penggunaan Frekuensi Gelombang Bunyi Terhadap Pertumbuhan Benih Jagung (Zea Maysssp Mays) Dan Kacang Hijau (Vigna Radiate)*. Jurnal Teknosains. Vol. 1: 11–26.
- Rokhina, E. V., Lens, P. And Virkutyte, J. 2009. *Low-Frequency Ultrasound In Biotechnology: State Of The Art*. Trends In Biotechnology. Vol. 5: 298–306.
- Rukmana, R. Dan Yuniarsih, Y. 1996. *Kedelai: Budidaya Dan Pasca Panen*. Yogyakarta: Kanisus.
- Shihab M. Quraish. 2013. *Kaidah-Kaidah Tafsir*. Bandung: Penerbit Mizan.
- Siswadi. 2006. *Budidaya Tanaman Palawija*. Yogyakarta: Citra Aji Parama.
- Soedjojo. 2004. *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Cv. Andi Offset.
- Song, N., Rumbaya J., Anggini, P., Supit, P., Ludong, D.. 2021. *Potensi Metode Sonic Pertumbuhan Tanaman Bloom Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman*. Vol. 10 (2): 76–80.
- Sternheimer, J. 1999. *Method For The Regulation Of Protein Biosynthesis*.
- Sudaryanto, T. And Swastika, D. K. S. 2007. *Ekonomi Kedelai Di Indonesia*. Pusat Analisis Sosial-Ekonomi Dan Kebijakan Pertanian Bogor. Vol. 12 (1): 1–27.
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Kualitatif Kuantitatif Dan R&D*. Bandung: Pt. Alfabeta
- Suma'mur. 2009. *Higiene Perusahaan Dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: Cv. Sagung Seto.
- Sunardi, Paramitha Retno P., Dan A. B. D. 2016. *Fisika Untuk Siswa Sma/Ma Kelas X Kelompok Peminatan Matematika Dan Ilmu-Ilmu Alam*. Bandung: Yrama Widya.
- Suprpto. 1998. *Bertanam Kedelai*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Suryadarma, I. G. P. Dkk. 2020. *The Increase Of Stomata Opening Area In Corn Plant Stimulated By Dundubia Manifera Insect Sound*. International Journal Of Engineering Technologies And Management Research. Vol. 6: 107–116.
- Sutrian, Y. 2011. *Pengantar Anatomi Tumbuh-Tumbuhan Tentang Sel Dan Jaringan*. Jakarta: Pt Rineka Cipta.
- Suwardi. 2010. *Kajian Pengaruh Penggunaan Frekuensi Gelombang Bunyi Terhadap Pertumbuhan Benih Kedelai*. Jurnal Fisika Flux. Vol. 7: 170–176.

- Syamsuri, I. 2003. *Biologi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Wahyuni, S. Dan Wirawan, B. 2002. *Memproduksi Benih Bersertifikat: Padi, Jagung, Kedelai, Kacang Tanah, Kacang Hijau*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Weinberger. 1973. *Methods For Improving The Growth Characteristics Of Plants Materials Such As Seeds And Growing Plants*.
- Widyawati, P., Wijaya, C., Hardjosworo, P., Sajuthi, D. 2011. *Evaluasi Aktivitas Antioksidatif Ekstrak Daun Beluntas (Pluchea indica L.) Berdasarkan Perbedaan Ruas Daun*. Rekapangan Jurnal Teknologi Pangan. Vol. 5 (1):1-14.
- Whittingham, T. A. 2007. *Medical Diagnostic Applications And Sources*. Progress In Biophysics And Molecular Biology. Vol. 4: 84–110.
- Yenita. 2002. *Respon Tanaman Kedelai (Glycine Max (L.) Merrill.) Terhadap Gibberellic Acid (Ga3) Dan Benzyl Anmino Purine (Bap) Pada Fase Generatif*. Skripsi. Bogor: Insitut Pertanian Bogor.
- Yulianto. 2008. *Penerapan Teknologi Sonic Bloom Dan Pupuk Organik Untuk Peningkatan Produksi Bawang Merah (Studi Kasus Bawang Merah Di Brebes, Jawah Tengah)*. J. Argoland. Vol. 1: 148–155.
- Zemansky. 1999. *Fisika Untuk Universitas 1 Mekanika Panas Bunyi*. Jakarta: Trimita Mandiri.
- Zuhaida, Anggun. 2018. *Deskripsi Sainifik Pengaruh Tanah Pada Pertumbuhan Tanaman: Studi Terhadap Qs. Al A'raf Ayat 58*. Kudus: Iain Kudus.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Luas Bukaan Stomata Daun (μm^2)

0 Hz

Ulangan 1 (μm)			Ulangan 2 (μm)			Ulangan 3 (μm)			Ulangan 4 (μm)		
png	lbr	Luas									
6.15	1.90	9.17	8.79	2.37	16.35	7.21	2.44	13.81	4.61	1.94	7.02
5.74	1.86	8.38	6.65	2.83	14.77	6.56	2.4	12.35	5.7	1.9	8.50
6.62	2.4	12.47	6	3.32	15.63	6.12	2.87	13.78	6.84	0.95	5.10
6.38	2.37	11.87	6.81	1.03	5.50	7.95	1.66	10.35	7.64	1.42	8.51
6	2.06	9.7	6.11	1.42	6.81	7.67	2.06	12.40	7.2	1.94	10.96
6.06	1.94	9.23	7.79	0.8	4.89	8.54	0.8	5.36	7.35	1.86	10.73

3100-3600 Hz

Ulangan 1 (μm)			Ulangan 2 (μm)			Ulangan 3 (μm)			Ulangan 4 (μm)		
png	lbr	Luas									
10.46	5.15	42.28	10.42	3.71	30.34	8.98	3.71	26.15	8.31	4.09	26.68
11.64	5.5	50.25	9.16	6.64	47.74	9.04	4.48	31.79	8.01	3.87	24.33
6.74	3.98	21.05	9.47	5.69	42.29	9.58	4.76	35.79	10.14	4.23	33.67
10.55	2.05	16.97	10.02	5.1	40.11	9.68	4.06	30.85	8.59	5.19	34.99
10.93	3.33	28.57	8.31	4.96	32.35	7.43	5.1	29.74	8.87	6.34	44.14
15.86	4.23	52.66	7.7	5.1	30.82	7.08	5	27.78	9.98	5.57	43.63

3700-4200 Hz

Ulangan 1 (μm)			Ulangan 2 (μm)			Ulangan 3 (μm)			Ulangan 4 (μm)		
png	lbr	Luas									
13.75	6.84	73.82	9.75	7.11	54.41	9.38	5.74	42.26	9.59	5.82	43.81
8.89	7.29	50.87	11.43	7.7	69.08	10.24	4.64	37.29	9.29	6.93	50.53
10.89	5.7	48.72	9.91	6.34	49.32	9.6	6.17	46.49	8.54	5.57	37.34
14.88	7.15	83.51	9.98	5.45	42.69	10.58	4.23	35.13	13.74	5.18	55.87
8.84	8.23	57.11	12.38	5.23	50.82	8.69	4.81	32.81	10.65	7.54	63.03
14.5	6.94	78.99	10.54	5.7	47.16	8.41	4.64	30.63	11.83	5.71	53.02

4300-4800 Hz

Ulangan 1 (μm)			Ulangan 2 (μm)			Ulangan 3 (μm)			Ulangan 4 (μm)		
pjg	lbr	Luas									
9.66	6.71	50.88	9.53	6.33	47.35	12.27	5.82	56.05	9.88	5.7	44.20
9.17	5.82	41.89	11.41	6.17	55.26	12.04	6.76	63.89	9.55	5.38	40.33
10.72	4.42	37.19	8.89	5.7	39.77	12.13	6.82	64.94	9.47	6.11	45.42
9.53	5.8	43.39	9.92	6.17	48.04	8.09	6.74	42.80	11.92	6.95	65.03
8.15	4.42	28.27	12.38	6.84	66.47	9.38	8.98	66.12	12.66	6.11	60.72
13.89	4.58	49.93	11.48	6.41	57.76	8.39	6.65	43.79	12.65	5.5	54.61

4900-5400 Hz

Ulangan 1 (μm)			Ulangan 2 (μm)			Ulangan 3 (μm)			Ulangan 4 (μm)		
Pjg	lbr	Luas	pjg	lbr	Luas	pjg	lbr	Luas	pjg	lbr	Luas
14.3	5.7	63.98	12.17	6.21	59.32	11.91	7.29	68.15	11.18	8.06	70.73
14.09	5.81	64.26	12.9	6.17	62.48	15.65	6.61	81.20	14.7	4.79	55.27
15.86	6.75	84.03	9.86	5.71	44.19	10.68	6.74	56.50	12.48	4.02	39.38
10.9	6.19	52.96	12.57	7.2	71.04	10.9	3.05	26.09	9.18	5.74	41.36
13.75	5.6	60.44	8.2	5.7	36.69	9.09	4.11	29.32	10.02	5.6	44.04
9.28	5.5	40.06	12.32	11.62	112.37	8.12	4.81	30.65	11.21	6.15	54.11

Lampiran 2. Data Tinggi Tanaman (cm) dan Diameter Batang (mm)

0 Hz

30 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
16	2.5	21	3.1	21.5	3.2	13.9	2.9
21	2.9	17	3.3	20.2	3	16.7	2.5
17	2.8	20.2	2.7	18.1	2.9	16.5	3
21	2.5	16.9	2.9	13.9	2.6	21.5	3.2
16.9	2.7	21	3.3	16.7	2.5	20.2	2.6
20.2	3.1	16	2.8	16.5	2.9	18.1	2.9
44 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
18.5	3	25	3.8	25.7	3.9	16.5	3.4
25	4.5	18.5	3	16.5	3.4	25.7	3.9
19.5	3.2	25.2	4.5	21.5	3.6	21.5	3.3
25.2	3.8	19.5	3.2	26	3.3	21.5	3.6
20.2	3.1	22	4.6	19.7	3.6	26	3.5
22	4.6	20.2	3.1	21.5	3.5	19.7	3.6
58 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
33.5	4.5	35.6	4.3	39	4.2	30.5	4.7
35.6	6.5	37	5.1	25.1	4.7	39	4.2
37	5.1	40	6.5	35.5	4.2	25.1	4.9
40	4.3	33.5	4.5	30.5	4.9	35.5	4.2
37.5	5	34.1	5.8	36.5	4.5	30.9	5
34.1	5.8	37.5	5	30.9	5	36.5	4.5
72 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
35.9	6.5	39.7	5.5	48.4	5.9	39.7	5.3
39.7	5.9	39.4	6.5	38.9	5.4	48.4	5.5
39.4	6.7	42.5	5.9	38.9	6	38.9	5.4
42.5	5.5	35.9	6.7	39.7	5.6	40.1	6
43.4	6.8	40.5	5.6	40.1	5.5	40	5.6
40.5	5.6	43.4	6.8	40	5.3	38.9	5.9
86 hst (hari setelah tanam)							

Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)						
40.7	6.7	42.4	6	50.1	6	41.1	5.6
42.4	6.1	49.5	7.9	42.3	5.9	50.1	6.2
45.5	7.3	46.3	6.5	45.2	6.2	42.3	5.9
46.3	6.5	45.5	7.3	41.1	5.6	41.9	6
49.5	7.9	45.1	6.1	41.9	5.9	45.7	5.9
45.1	6	40.7	6.7	45.7	5.9	45.2	5.9

3100-3600 Hz

30 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
20.6	2.8	20.5	3	20.5	3	17	2.5
20.5	3.5	21.5	2.9	18.1	2.9	17.1	3.2
21.5	2.9	20.5	3.5	17.1	3.2	18.1	2.9
19	3.6	16.5	3	19.5	2.5	22.6	3
16.5	3.4	19	3.6	22.6	3	19.5	2.8
20.5	3	20.6	2.8	17	2.8	20.5	3
44 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
28.5	4.8	31.5	5.5	30.5	4.9	27.8	5
29.8	5.3	28.5	4.8	28.5	5.3	29.5	5.2
30.7	4.6	30.5	4.5	29.5	5	28.5	4.9
30.5	5.5	30.7	4.6	29.5	4.9	29.5	5
24.5	4.8	29.8	5.3	29.5	5.2	29.5	5.3
31.5	4.5	24.5	4.8	27.8	5	30.5	4.9
58 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
36.5	7.3	40.5	6.8	35	6	32.5	7
31.5	6.5	36.5	6.5	36.8	7.4	39.5	6
38	6.5	32.2	6.4	39.5	5.9	38	6.9
32.2	6.8	38	7.3	38	6.9	35	5.9
34.1	7.3	31.5	6.5	39.5	6.2	36.8	7.4
40.5	6.4	34.1	7.3	32.5	7	39.5	6.2
72 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)

46.9	8.1	44.6	8	37.2	8	42.3	8.1
44.6	7.5	46.9	8.1	45.7	8.3	37.2	8
45.1	8	43.6	7.8	43.3	7.9	45.5	8.3
43.6	7.8	45.1	8	45.5	8	43.3	7.9
41.9	8.3	44.6	7.5	40.1	6.9	45.7	8
44.6	8	41.9	8.3	42.3	8.1	40.1	6.9
86 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
49.8	8.7	49.6	8.5	52.5	8.5	56.9	8.5
50.2	8.5	50.2	8.7	56.9	8.2	52.1	8.3
45.7	7.3	52.5	8.2	52.1	8.5	52.5	8.7
52.5	8.3	45.7	7.3	49.8	8.7	50.5	8.5
50.2	8.5	50.2	8.3	50.5	8.3	49.8	8.2
49.6	8.2	49.8	8.5	52.5	8.5	52.5	8.5

3700-4200 Hz

30 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
17.1	2.8	20.5	3	18.9	3	19.5	3
18.5	3.1	17.1	2.8	20.5	3.3	18.9	3
15	2.9	18.5	3.1	19.1	3.1	20.5	3.1
17	3.2	15	2.9	21	3	19.1	3.1
18.5	3.1	17	3.2	20.6	3	21	3.3
20.5	3	18.5	3.1	19.5	3.1	20.6	3
44 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
32.5	5.9	31.5	6.3	29.5	5.2	35.7	5.8
35.9	6.4	35.5	6.4	38.8	5.5	29.5	5.5
35.5	4.1	35.2	6	28.6	5.3	35.5	6
31.5	6	32.5	5.9	35.5	6	28.6	5.3
35.1	6.4	35.9	6.4	31.7	5.5	38.8	5.5
35.2	6.3	35.1	4.1	35.7	5.8	31.7	5.2
58 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
40.5	6.6	44	7	39.7	6	41.8	7.8
48.5	7	40.5	6.5	42.5	7	39.7	6
48	6.5	48.5	7.8	44.5	5.9	42.5	7

42.5	7.8	48	6.6	41.8	7.8	44.5	5.9
41.5	7.5	42.5	7.9	41.5	6.2	45.1	6.8
44	7.9	41.5	7.5	45.1	6.8	41.5	6.2
72 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
43.3	6.9	54.6	8	42.6	8.1	49.5	8.1
51.6	8.4	43.3	6.9	51.7	8.4	42.6	8.4
52.6	7.5	50.9	8.6	47.8	8.5	48.7	7.9
50.9	8.6	52.6	7.9	48.7	7.9	47.8	8.5
55.4	7.9	51.6	8.4	44.9	8.4	51.7	8.4
54.6	8	55.4	7.5	49.5	8.1	44.9	8.1
86 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
51.3	7.5	57.5	8.5	47.2	8.5	55.6	8.5
57.5	8.9	54.9	8.9	57.5	9	47.2	8.9
54.9	8.5	52.4	8.8	51.3	8.9	52.5	9
55.9	8.8	57.5	7.5	52.5	8.5	51.3	8.5
57.5	8.9	55.9	8.9	56.5	9	57.5	8.9
52.4	8.5	51.3	8.5	55.6	8.9	56.5	9

4300-4800 Hz

30 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
17.2	2.9	19.1	2.9	18.5	2.6	18.2	3.2
19.1	3	17.2	2.5	19.9	2.9	18.5	2.5
16.5	2.7	18.5	2.7	19.4	2.5	19.9	2.9
20	2.9	16.5	2.9	18.2	3.2	19.4	2.7
19.9	2.5	20	3	20.4	2.7	20.5	2.5
18.5	2.7	19.9	2.7	20.5	2.5	20.4	2.6
44 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
35.6	5.9	36.3	5.9	31.9	5.5	35.5	5.8
31.9	6	35.6	5.4	36.8	5.8	31.9	5.5
36.5	5.4	31.9	6	31.7	5.1	33.7	6.5
32.5	5.9	36.5	5.8	33.7	5.9	31.7	5.1
35.1	5.8	32.5	6.1	32.6	5.8	36.8	5.9
36.3	6.1	35.1	5.9	35.5	6.5	32.6	5.8

58 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
42.3	6	41.6	6.8	41.5	6	44.7	7.5
41.5	7.6	42.3	6	48.5	7.2	41.5	6
43.1	6.8	41.5	7.6	45.7	6.7	46.1	7.2
41.6	6.8	43.1	7.5	46.1	7.5	45.7	6.7
46.2	7.5	44	6.8	45.6	6.8	48.5	7.7
44	6.8	46.2	6.8	44.7	7.7	45.6	6.8
72 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
45.8	7.2	45.6	8.4	50.4	8	53.1	7.9
48.9	8.6	45.8	7.2	54.3	8.2	50.4	8
48.5	7.5	48.9	8.2	48.9	7.9	50.5	8
50.7	8.2	48.5	7.5	50.5	8	48.9	7.9
56.3	7.9	50.7	8.6	48.7	8	54.3	8.2
45.6	8.4	56.3	7.9	53.1	7.9	48.7	8
86 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
49.9	7.5	48.8	8.5	56.3	8.5	59.7	8
52	8.8	52.3	7.5	57.1	8	57.1	8.5
52.3	8	52	8.8	52.3	8.6	51.3	8.4
48.8	8.7	59.7	8	51.3	8.5	52.3	8.6
59.7	8.4	52.3	8.7	57.1	8.4	57.1	8.5
52.3	8.5	49.9	8.4	59.7	8	56.3	8.4

4900-5400 Hz

30 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
19.6	2.9	19.8	3.2	25	2.6	22.1	3.1
18.6	3	20.5	2.9	20.5	2.5	25	2.6
20.6	2.7	18.6	3.1	24.1	3	25.1	2.9
19.8	3.2	20.6	2.7	22.1	3.1	24.1	3
20.5	2.5	20.1	3	25	2.7	20.5	2.5
20.1	3.1	19.6	2.5	25.1	2.9	25	2.7
44 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	

Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
38.9	7.9	40.1	7.8	37.5	6.9	40.1	6.7
39.2	6.5	38.9	7.9	41.5	7.2	37.5	6.9
38.6	7.8	37.5	6.5	44.3	6.5	42.7	6.5
40.1	7.9	38.6	7.8	40.1	6.7	44.3	6.8
39.1	6.5	39.2	7.9	44.6	6.8	41.5	7.2
37.5	7.8	39.1	6.5	42.7	6.5	44.6	6.5
58 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
44.5	8.5	49.5	8.6	44.5	7.8	49	8
46.5	8.6	46.5	8.5	48	8.1	44.5	7.8
45	8.4	45.5	8	54.5	8	56.1	8.5
45.5	8	45	8.4	49	8.5	54.5	7.9
46.5	8.3	46.5	8.9	55.6	7.9	48	8.1
49.5	8.9	44.5	8.3	56.1	8	55.6	8
72 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
48.3	8.6	51.7	8.7	49.8	8	54	8.2
50.1	9	48.3	8.6	54	8.2	49.8	8
52.5	8.5	52.6	8.3	55.6	8.5	58.1	8.8
51.7	8.3	52.5	8.5	58.1	8.8	55.6	8.5
54.7	8.5	50.1	9	56.9	8.3	52.5	8.6
52.6	8.7	54.7	8.5	52.5	8.6	56.9	8.3
86 hst (hari setelah tanam)							
Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3		Ulangan 4	
Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
53.6	8.8	54.2	8.8	56.6	8.5	60.1	9
55.1	9.1	53.6	8.7	59.8	8.9	56.6	8.9
55.8	8.9	55.1	8.9	61.5	9	61.9	9.2
59.8	8.8	55.8	8.8	60.1	9.2	61.5	8.5
56.9	8.7	59.8	9.1	61.8	8.9	59.8	8.9
54.2	8.9	56.9	8.9	61.9	9	61.8	9

Lampiran 3. Data Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)

Frekuensi (Hz)	Massa Hasil Panen Per Tanaman (gr)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
0	13	14	15	20
	12	11	15	15
	10	14	15	13
	11	14	20	13
	15	14	15	15
	14	12	10	13
3100-3600	17	16	15	16
	15	17	15	16
	15	14	20	16
	15	16	15	15
	17	15	12	20
	16	12	11	17
3700-4200	19	21	22	20
	21	20	20	20
	20	19	20	19
	13	20	21	20
	18	20	20	26
	20	20	19	24
4300-4800	17	18	18	17
	17	17	18	20
	15	17	20	18
	16	16	15	16
	18	16	14	17
	16	17	15	18
4900-5400	22	22	21	23
	22	25	24	22
	20	23	25	21
	21	22	22	22
	20	22	21	30
	25	23	22	25

Lampiran 4. Data Taraf Intensitas Bunyi (dB)

1. Taraf intensitas bunyi

Frekuensi (Hz)	Tarf Intensitas Bunyi (dB)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
0	79.9	78.5	75.5	73.9
	80	78.1	76	73.5
	78.9	77	75.1	73.4
3100-3600	80	78	75.9	74
	79.5	78.1	76.5	73.1
	79.9	78	76.1	73.9
3700-4200	78.8	78.8	76	73
	79.4	77.9	75.9	72.9
	80	78.5	76.3	74
4300-4800	80.5	77.5	75.5	72
	79.5	78.2	76.2	72.5
	79.4	78.5	76.1	73
4900-5400	80	78	75.9	73
	79.1	77.1	76	73.2
	79.5	78.1	75.5	73.1

2. Uji ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.362	4	.090	.012	1.000
Within Groups	116.130	15	7.742		
Total	116.492	19			

Lampiran 5. Hasil Uji DMRT 5%

1. Luas Bukaan Stomata Daun

Duncan^a

Frekuensi	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0 Hz	4	9.3450		
3100-3600 Hz	4		37.7075	
4300-4800 Hz	4		48.0700	48.0700
3700-4200 Hz	4			52.5975
4900-5400 Hz	4			57.2875
Sig.		1.000	.087	.142

2. Tinggi Tanaman

Duncan^a

Frekuensi	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0 Hz	20	31.945	
3100-3600 Hz	20	35.830	
4300-4800 Hz	20	39.885	39.885
3700-4200 Hz	20	40.285	40.285
4900-5400 Hz	20		44.365
Sig.		.052	.283

3. Diameter Batang

Duncan^a

Frekuensi	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0 Hz	20	4.6950	
3100-3600 Hz	20	5.1550	
4300-4800 Hz	20		6.3350
3700-4200 Hz	20		6.4450
4900-5400 Hz	20		7.0950
Sig.		1.000	.181

4. Massa Hasil Panen

Duncan^a

Frekuensi	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0 Hz	4	13.875			
3100-3600 Hz	4		15.550		
4300-4800 Hz	4		16.925		
3700-4200 Hz	4			20.075	
4900-5400 Hz	4				22.700
Sig.		1.000	.067	1.000	1.000

Lampiran 6. Dokumentasi Selama Penelitian

1. Persiapan alat dan bahan



2. Pertumbuhan tanaman kedelai





3. Pemaparan bunyi di lokasi



4. Pengamatan stomata daun





5. Panen







KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933
Website : <http://fisika.uin-malang.ac.id>, e-mail : Fis@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : IZHATTUL ISLAMIYA
NIM : 18640052
Fakultas/Program Studi : SAINTEK / FISIKA
Judul Skripsi : PENGARUH BUNYI LOVEBIRD TERMANIPULASI PEAK FREKUENSI 3500-5000 HZ TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKTIVITAS KEPELAJ
Pembimbing 1 : Dr. H. ABUS MULYONO, M. Kes.
Pembimbing 2 : Drs. ABDUL BASID, M. Si

• Konsultasi Fisika

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	3 September 2021	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2.	14 September 2021	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3.	17 September 2021	Konsultasi Bab I-III dan ACC	
4.	31 Januari 2022	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
5.	2 Februari 2022	Konsultasi Bab IV	
6.	9 Februari 2022	Konsultasi Bab IV dan ACC	
7.	15 Maret 2022	Konsultasi Bab IV dan V	
8.	24 Maret 2022	Konsultasi Bab IV-V dan ACC	
9.	22 April 2022	Konsultasi Bab I-V dan Abstrak	
10.	27 April 2022	Konsultasi Bab I-V & Abstrak ACC	

• Konsultasi Integrasi

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	15 Maret 2022	Konsultasi Integrasi Bab I, III, IV	
2.	24 Maret 2022	Konsultasi Integrasi dan ACC	
3.	27 April 2022	Konsultasi Integrasi Bab I-V	
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 17 Mei 2022

Mengetahui,
Ketua Jurusan,



Dr. Imam Tazi, M.Si