

**PENGARUH VARIASI FREKUENSI BUNYI “GARENGPUNG”
(*DUNDUBIA MANIFERA*) TERHADAP LUASAN BUKAAN STOMATA
PADA TANAMAN JAGUNG (*ZEA MAYS L.*)
DENGAN PERHITUNGAN ELIPTIS**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk Memenuhi sebagian Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:

Widiastuti
NIM 14306141012

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**PENGARUH VARIASI FREKUENSI BUNYI “GARENGPUNG”
(*DUNDUBIA MANIFERA*) TERHADAP LUASAN BUKAAN STOMATA
PADA TANAMAN JAGUNG (*ZEA MAYS L.*)
DENGAN PERHITUNGAN ELIPTIS**

Disusun oleh:

Widiastuti
NIM 14306141012

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk
dilaksanakan Ujian Akhir Tugas Akhir Skripsi bagi yang
bersangkutan.

Yogyakarta, 2 November 2018

Mengetahui,
Ketua Program Studi

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Nur Kadarisman, M.Si
NIP. 196403051991011001

Nur Kadarisman, M.Si
NIP. 196403051991011001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

**PENGARUH VARIASI FREKUENSI BUNYI “GARENGPUNG”
(DUNDUBIA MANIFERA) TERHADAP LUASAN BUKAAN STOMATA
PADA TANAMAN JAGUNG (ZEA MAYS L.)
DENGAN PERHITUNGAN ELIPTIS**

Disusun oleh:

Widiastuti
NIM 14306141012

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Pada tanggal 27 November 2018

TIM PENGUJI			
Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Nur Kadarisman, M.Si NIP 196402051991011001	Ketua Penguji		06-12-2018
Wispar Sunu Bram D, PH.D NIP 198001292005011003	Penguji Utama		30-11-18
Laila Katriani, M.Si NIP 198504152012122001	Penguji Pendamping		04-12-2018

Yogyakarta, 13-12-2018
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,



Dr. Hartono, M.Si

NIP. 19620329 198702 1 002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangn di bawah ini:

Nama : Widiastuti

NIM : 14306141012

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul TAS : Pengaruh Variasi Frekuensi Bunyi “Garengpung” (*Dundubia manifera*) terhadap Luasan Bukaan Stomata pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) dengan Perhitungan Eliptis

menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 08 April 2018

Yang menyatakan,

Widiastuti

NIM 14306141012

MOTTO

“Jalani semua rintangan dengan kesabaran maka akan menuai sebuah kebaikan”

PERSEMBAHAN

Penulis mempersembahkan karya ini untuk:

*Bapak, Ibu dan keluarga besar yang telah memberikan nasehat dan semangat
dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir skripsi ini*

*Sahabat-sahabatku Bety, Lu'lu, Arrum, dan Nana yang telah memberikan
semangat serta saling mendukung untuk menyelesaikan tugas akhir masing-
masing*

*Teman seperjuanganku Lestari yang telah membantu dalam proses penelitian
sampai selesai*

*Teman-teman fisika kelas B dan angkatan 2014 yang telah bersama-sama
berjuang menyelesaikan tugas akhir*

**PENGARUH VARIASI FREKUENSI BUNYI “GARENGPUNG”
(*DUNDUBIA MANIFERA*) TERHADAP LUASAN BUKAAN STOMATA
PADA TANAMAN JAGUNG (*ZEA MAYS L.*)
DENGAN PERHITUNGAN ELIPTIS**

Oleh:

Widiastuti
NIM 14306141012

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan bunyi suara “garengpung” terhadap hasil luasan bukaan stomata pada tanaman jagung sebelum, saat, dan sesudah diberi paparan bunyi pada variasi frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz dengan perhitungan eliptis, dan mengetahui *peak* frekuensi yang mampu mempengaruhi stomata untuk membuka paling besar pada tanaman jagung.

Penelitian ini menggunakan warna bunyi serangga “garengpung” (*Dundubia manifera*) dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz yang telah termanipulasi menjadi *peak* frekuensi serta di validasi menggunakan *Octave 4.21*. Eksperimen ini menggunakan 1 lahan untuk tanaman kontrol dan tanaman yang diberi paparan bunyi. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali, yaitu 15 menit sebelum diberi paparan bunyi, saat diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Luasan bukaan stomata diamati menggunakan *Mikroskop Cahaya* dengan melihat hasil keluarannya menggunakan program *NIS Elements Viewer*, dan untuk mengukur panjang dan lebar bukaan stomata menggunakan *Image Raster 3.0* serta luas bukaan stomata dihitung menggunakan persamaan eliptis.

Penelitian ini menunjukkan bahwa luasan bukaan stomata saat diberi paparan bunyi lebih besar dibandingkan tanpa paparan bunyi. Hal ini menunjukkan bahwa paparan bunyi dapat merangsang stomata pada daun tanaman jagung membuka lebih besar dibandingkan dengan tanaman tanpa paparan bunyi. Hasil luasan bukaan stomata yang paling besar pada frekuensi 3000 Hz sebesar $(93,7 \pm 12) \mu\text{m}^2$, sehingga pada frekuensi tersebut sangat baik digunakan dalam pemaparan bunyi terhadap tanaman jagung.

Kata kunci: *peak* frekuensi, luas bukaan stomata, eliptis

**THE EFFECT OF GARENGPUNG (DUNDUBIA MANIFERA) SOUND
FREQUENCY VARIATION TOWARDS THE OPENING OF
STOMATA IN THE CORN (ZEA MAYS L.) PLANTS
WITH ELLIPTICAL CALCULATIONS**

By:

Widiastuti
NIM 14306141012

ABSTRACT

This study aimed to determine the effect of garengpung sound exposure on the stomata openings of corn plants before, during and after exposure to sound at frequency variation of 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, and 5000 Hz based on elliptical calculation. The study also aimed to find out the the peak frequency that can optimize the stomata openings on the corn plants.

This study employed garengpung's sound with frequency variation between 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, and 5000 Hz that had been manipulated into peak frequency and been validated using Octave 4.21. This experiment employed 1 land for control plant and experimental plant. The samples were taken three times, 15 minutes before exposed, during 30 minutes of exposure, and 15 minutes after being exposed. The stomata opening area was observed using a light microscope, the output was observed using NIS Elements Viewer, and in order to measure the length and the width the stomata openings using Image Raster 3.0 and the stomata opening area was calculated using the equation elliptic.

This study found that the stomata opening area was more significant when it was exposed by the sound than when it was not. It shows that sound exposure may stimulate the stomata of corn to be opened wider compared to the plant without sound exposure. The largest stomata opening was on the frequency of 3000 Hz ($93,7 \pm 12$ μm^2). Therefore, that frequency is the best frequency in sound exposure for corn plant.

Keywords: Peak frequency, the stomata opening, elliptical

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan lancar. Penelitian ini didanai menggunakan dana Kerjasama Penelitian, Pengkajian, dan Pengembangan Pertanian Strategis (KP4S) dengan peneliti Nur Kadarisman, M.Si tahun 2017 – 2018 yang berjudul “Rekayasa *Smart Chip Audio Organic Growth System (SC-AOGS)* Energi Surya untuk Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Hasil Panen Tanaman Pangan”. Adapun Tugas Akhir Skripsi penulis berjudul “Pengaruh Variasi Frekuensi Bunyi “Garengpung” (*Dundubia manifera*) terhadap Luasan Bukaan Stomata pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) dengan Perhitungan Eliptis” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Nglanjaran, Desa Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Laboratorium Fisika UNY. Tugas Akhir Skripsi ini dapat diselesaikan tidak lepas dari bantuan dan kerjasama pihak lain. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Nur Kadarisman, M. Si, selaku Dosen Pembimbing TAS yang telah memberikan semangat dorongan, dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini.
2. Nur Kadarisman, M.Si., Wispar Sunu Bram D, PH.D., dan Laila Katriani, M.Si. selaku Ketua Penguji, Penguji, dan Penguji Pendamping yang sudah memberikan koreksi perbaikan secara komprehensif terhadap TAS ini.

3. Drs. Yusman Wiyatmo, M. Si. dan Nur Kadarisman, M.Si. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika dan Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY beserta dosen dan staf yang telah memberikan bantuan dan fasilitas selama proses penyusunan pra proposal sampai dengan selesainya TAS ini.
4. Dr. Hartono, M. Si. selaku Dekan FMIPA UNY memberikan persetujuan pelaksanaan Tugas Akhir Skripsi.
5. Ibu Wagiaty yang tersedia membantu dalam menyediakan lahan untuk penelitian ini.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan baik dalam penulisan maupun isi materi dalam penyusunan Tugas Akhir Skripsi ini. Semoga semua bantuan yang diberikan selama penelitian hingga terselesaiannya Tugas Akhir Skripsi ini mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT dan Tugas Akhir Skripsi ini menjadi informasi bermanfaat bagi pembaca atau pihak lain yang membutuhkannya.

Yogyakarta, 08 April 2018
Penulis,

Widiastuti
NIM 14306141012

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah	7
D. Rumusan Masalah	7
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Gelombang Bunyi	10
B. Analisis Bunyi	13
C. Tanaman Jagung.....	19
D. Stomata.....	23
E. Mekanisme Pembukaan Stomata	25

F. Pengaruh Suara terhadap Pembukaan Stomata.....	28
G. Teknik Sonic Bloom	32
H. Kerangka Berpikir.....	33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	35
B. Objek Penelitian	35
C. Variabel Penelitian	35
D. Alat dan Bahan Penelitian	36
E. Desain Penelitian.....	36
F. Langkah Kerja.....	37
G. Teknik Analisis Data Hasil Pengamatan Tanaman Jagung.....	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Paparan Bunyi terhadap Pembukaan Stomata Daun Tanaman Jagung (<i>Zea mays L.</i>)	42
B. <i>Peak</i> Frekuensi pada Bukaan Stomata Tanaman Jagung yang paling Besar saat diberi Paparan Bunyi	62

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	64
B. Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA..... **66**

LAMPIRAN..... **68**

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Luas bukaan stomata tanaman jagung tanpa perlakuan bunyi...	44
Tabel 2. Perbandingan bukaan stomata ada tanaman tanpa paparan bunyi dan frekuensi 3000 Hz.....	47
Tabel 3. Luas bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 3000 Hz.....	48
Tabel 4. Perbandingan bukaan stomata ada tanaman tanpa paparan bunyi dan frekuensi 3500 Hz.....	50
Tabel 5. Luas bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 3500 Hz.....	51
Tabel 6. Perbandingan bukaan stomata ada tanaman tanpa paparan bunyi dan frekuensi 4000 Hz.....	53
Tabel 7. Luas bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 4000 Hz.....	54
Tabel 8. Perbandingan bukaan stomata ada tanaman tanpa paparan bunyi dan frekuensi 4500 Hz.....	56
Tabel 9. Luas bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 4500 Hz.....	57
Tabel 10. Perbandingan bukaan stomata ada tanaman tanpa paparan bunyi dan frekuensi 5000 Hz.....	59
Tabel 11. Luas bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 5000 Hz.....	60
Tabel 12. Luas bukaan stomata tanaman jagung semua frekuensi.....	62

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Amplitudo menunjukkan keras/lemahnya bunyi.....	12
Gambar 2. Perambatan gelombang bunyi pada medium udara.....	12
Gambar 3. Warna Bunyi.....	13
Gambar 4. Bentuk gelombang bunyi garengung <i>peak</i> frekuensi $(3,0 \pm 0,05)10^3$ Hz.....	14
Gambar 5. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada <i>peak</i> frekuensi 3004 Hz.....	15
Gambar 6. Bentuk gelombang bunyi garengung <i>peak</i> frekuensi $(3,5 \pm 0,05)10^3$ Hz.....	15
Gambar 7. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada <i>peak</i> frekuensi 3461 Hz.....	16
Gambar 8. Bentuk gelombang bunyi garengung <i>peak</i> frekuensi $(4,0 \pm 0,05)10^3$ Hz.....	16
Gambar 9. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada <i>peak</i> frekuensi 3851 Hz.....	17
Gambar 10. Bentuk gelombang bunyi garengung <i>peak</i> frekuensi $(4,5 \pm 0,05)10^3$ Hz.....	17
Gambar 11. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada <i>peak</i> frekuensi 4678 Hz.....	18
Gambar 12. Bentuk gelombang bunyi garengung <i>peak</i> frekuensi $(5,0 \pm 0,05)10^3$ Hz.....	18
Gambar 13. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada <i>peak</i> frekuensi 5211 Hz.....	19
Gambar 14. Bagian-bagian stomata.....	23
Gambar 15. Proses dinding bagian dalam yang tertarik mikrofobil.....	25
Gambar 16. Ilustrasi mekanisme membuka dan menutup stomata.....	27
Gambar 17. Proses terjadinya mirobubble pada fenomena kavitas.....	31
Gambar 18. Posisi ruang sampel dan sumber bunyi garengpung.....	37
Gambar 19. Bukaan stomata 15 menit sebelum diberi paparan bunyi pada tanaman tanpa perlakuan bunyi.....	43
Gambar 20. Bukaan stomata saat sedang diberi paparan bunyi 30 menit pada tanaman tanpa perlakuan bunyi.....	44

Gambar 21. Bukaan stomata 15 menit setelah diberi paparan bunyi pada tanaman tanpa perlakuan bunyi.....	44
Gambar 22. Grafik hubungan antara waktu pemaparan suara dengan luas bukaan stomata (μm^2) tanpa paparan bunyi	45
Gambar 23. Grafik hubungan antara waktu pemaparan suara dengan luas bukaan stomata (μm^2) dengan frekuensi 3000 Hz.....	49
Gambar 24. Grafik hubungan antara waktu pemaparan suara dengan luas bukaan stomata (μm^2) dengan frekuensi 3500 H.....	52
Gambar 25. Grafik hubungan antara waktu pemaparan suara dengan luas bukaan stomata (μm^2) dengan frekuensi 4000 Hz	55
Gambar 26. Grafik hubungan antara waktu pemaparan suara dengan luas bukaan stomata (μm^2) dengan frekuensi 4500 H.....	58
Gambar 27. Grafik hubungan antara waktu pemaparan suara dengan luas bukaan stomata (μm^2) dengan frekuensi 4500.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Luas Bukaan Stomata.....	68
Lampiran 2. Dokumentasi penelitian.....	109

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jagung merupakan salah satu bahan pangan yang sangat dibutuhkan oleh penduduk Indonesia, karena jagung sebagai bahan makanan pokok yang memiliki sumber utama karbohidrat dan protein yang baik setelah beras. Jagung juga dibutuhkan oleh industri baik sebagai bahan baku dan pakan ternak. Penduduk beberapa daerah di Indonesia menggunakan jagung sebagai bahan makanan pokok, seperti Madura dan Nusa Tenggara. Selain sebagai sumber karbohidrat, bijinya dapat dibuat menjadi minyak atau tepung jagung seperti maizena, sedangkan tongkol jagung kaya akan pentose yang dapat dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang sudah direkayasa genetiknya ditanam sebagai penghasil farmasi. (Prahasta, 2009)

Laju pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan permintaan pasar akan jagung terus mengalami peningkatan. Permintaan yang terus meningkat ini menjadikan peluang bagi petani untuk meningkatkan produktivitas dalam bertani dan menghasilkan produksi jagung yang tinggi. Peningkatan produktivitas ini untuk memenuhi kebutuhan jagung dalam negeri. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik menunjukkan produksi jagung di Indonesia sejak tahun 2015 hingga 2017 mengalami kenaikan. Produksi jagung tahun 2015 sebanyak 19,6 juta ton, tahun 2016 naik menjadi 23,6 juta ton, dan pada tahun 2017 mengalami kenaikan sebesar 27,9 juta ton (BPS,

2017). Pada tahun 2015, Indonesia masih impor jagung sebesar 3,5 juta ton, akan tetapi dengan digenjot program jagungisasi menyebabkan impor jagung menurun 62 persen pada tahun 2016, dan tahun 2017 berhasil untuk tidak impor jagung sama sekali (BPS, 2017). Tahun 2018 diharapkan produksi jagung juga meningkat lebih dari tahun 2017, sehingga tidak perlu impor jagung. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi jagung setiap tahun dengan pemilihan varietas bibit jagung yang baik dan modernisasi alat, sehingga perlu adanya pengembangan teknologi lain seperti memberikan perlakuan khusus untuk mendapatkan hasil pertanian dengan kualitas baik, hasil melimpah, tidak berdampak negatif terhadap lingkungan dan dapat diproduksi dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama sehingga dikenalkan suatu penemuan teknologi baru yaitu teknologi *Sonic Bloom*. Produktivitas dibidang pertanian dapat ditingkatkan dengan teknologi baru tersebut.

Teknologi *Sonic Bloom* diperkenalkan oleh Dan Carlson pada tahun 1960-an, seorang ahli pemuliaan tanaman dari Amerika Serikat. Teknologi *Sonic Bloom* merupakan teknologi ramah lingkungan dengan perpaduan gelombang suara berfrekuensi antara 3000 Hz sampai 5000 Hz yang memacu terbukanya mulut daun (stomata) dan penyemprotan nutrisi melalui daun. Carlson menunjukkan pada tayangan fotomikrografnya memperlihatkan bahwa stomata daun membuka lebih besar akibat frekuensi suara yang digunakannya, sedangkan melalui mikroskop elektron menunjukkan hasil kerapatan stomata pada daun lebih tinggi jika diberi perlakuan pada frekuensi

suara tersebut. Pada setiap daun terdapat ribuan stomata yang lebarnya kurang lebih 1/1000 inchi yang berfungsi untuk berlangsungnya proses fotosintesis.

Carlson mengembangkan semprotan organik khusus untuk di aplikasikan pada daun tanaman bersamaan dengan pemaparan suara yang mempengaruhi stomata terbuka. Penyemprotan nutrisi pada saat stomata terbuka dengan menggunakan semprotan organik yang mengandung senyawa nutrisi berbentuk ikatan organik untuk memberi nutrisi pada tanaman menjadi lebih efektif. Cara pemupukan ini lebih efektif dibandingkan dengan pemupukan melalui tanah, disebabkan unsur hara yang diaplikasikan langsung diserap stomata sekaligus diproses dalam klorofil. Peningkatan penetrasi dan translokasi nutrisi ke dalam daun menyebabkan metabolisme tanaman akan meningkat, sehingga pertumbuhan dan produktivitas ikut meningkat. (Yulianto, 2008)

Teknologi *Sonic Bloom* telah dikenalkan kepada masyarakat umum, teknologi ini sudah terbukti mampu mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan hasil produksi seperti pada tanaman padi, jagung, kentang, dan sebagainya. Para petani tidak banyak yang menggunakan teknologi *Sonic Bloom* ini dikarenakan harganya yang relatif mahal, sehingga dilakukan penelitian dengan metode yang lebih mudah diterapkan oleh petani, yaitu metode pemberian suara serangga yang diharapkan memiliki cara kerja seperti *Sonic Bloom*. Penggunaan gelombang suara serangga dengan frekuensi 3000 Hz sampai 5000 Hz diharap mampu merangsang mulut daun (stomata) terbuka lebar untuk meningkatkan produktivitas. Banyak penelitian

yang dilakukan oleh peneliti di Indonesia tentang *Sonic Bloom* dan membuktikan kemanfaatannya, seperti penelitian penerapan teknologi *Sonic Bloom* dan pupuk organik untuk peningkatan produksi bawang merah. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan teknologi mampu meningkatkan hasil produksi bawang merah sebesar 19.45 % (Yulianto, 2008). Selain itu dilakukan penelitian dengan penggunaan gelombang suara serangga, seperti Eka Jayanti (2011) tentang pengaruh suara “garengpung” (*Dundubia manifera*) dengan manipulasi perubahan puncak frekuensi $(4,48\pm0,08)10^3$ Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman kentang (*Solanum tuberosum, L*).

Penelitian yang dilakukan oleh Supriaty Ningsih (2007) tentang pengaruh frekuensi akustik suara serangga “kinjengtangis” (*Dundubia sp*) terhadap lebar bukaan stomata daun, pertumbuhan dan produktivitas tanaman kentang (*Solanum tuberosum L*), menyatakan bahwa mekanisme membukanya stomata daun dengan teknik pemaparan suara terjadi karena suara yang dikeluarkan oleh penghasil bunyi dapat memancarkan energi ke permukaan daun. Energi tersebut akan membantu dalam proses fotosintesis dengan merangsang stomata daun terbuka lebar dan menghasilkan nutrisi atau makanan yang diperlukan tanaman sehingga tanaman menjadi subur. Selain itu, stomata dapat terbuka lebar tidak hanya dipengaruhi oleh sumber bunyi tetapi juga dipengaruhi oleh lingkungan sekitar seperti suhu, kelembaban, cuaca dan cahaya matahari.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Reni Ariskawati (2018) tentang Pengaruh paparan bunyi garengpung (*Dundubia manifera*) termanipulasi *peak* frekuensi ($3,50\pm0,05$) 10^3 Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung (*Zea mays L.*), menyatakan bahwa pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung yang diberi paparan bunyi garengpung (*Dundubia manifera*) lebih baik dibandingkan tanaman yang tidak diberi paparan bunyi. Pertumbuhan tanaman jagung meliputi pertumbuhan panjang batang, jumlah daun dan diameter batang. Pertumbuhan tanaman perlakuan dan kontrol berturut-turut, yaitu tinggi batang: 121,4 cm dan 54,9 cm, diameter batang: 3,377 cm dan 2,660 cm, dan jumlah daun: 14 buah dan 12 buah. Produktivitas tanaman jagung yang diberi paparan bunyi diperoleh hasil panen sebesar 240,29 kg dengan rata-rata setiap tanaman sebesar 0,41 kg, sementara untuk tanaman kontrol diperoleh hasil panen sebesar 190,41 kg dengan rata-rata setiap tanaman sebesar 0,34 kg. Pengaruh paparan bunyi terhadap luasan bukaan stomata daun tanaman jagung, yaitu 15 menit sebelum diberi paparan bunyi sebesar $(0,8\pm0,2)\times10^{-2}$ μm^2 , saat sedang diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(3,3\pm0,2)\times10^{-2}$ μm^2 , dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(1,6\pm0,2)\times10^{-2}$ μm^2 .

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka diperlukan penelitian mengenai luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan memberikan variasi frekuensi, dikarenakan pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan satu frekuensi sehingga dalam penelitian ini dapat menunjukkan pengaruh paparan bunyi dengan frekuensi yang bervariasi

terhadap hasil luasan bukaan stomata, serta mengetahui frekuensi yang paling baik digunakan dalam pemaparan bunyi suara garengpung terhadap tanaman jagung agar pertumbuhan dan produktivitasnya meningkat dengan hasil luasan bukaan stomata paling lebar. Oleh karena itu, penelitian ini akan menyelidiki pengaruh variasi *peak* frekuensi bunyi garengpung (*Dundubia manifera*) terhadap luasan bukaan stomata pada tanaman jagung (*Zea mays L.*) dengan perhitungan eliptis. Obyek dalam penelitian ini adalah tanaman jagung (*Zea mays L.*) dan sumber bunyi yang digunakan berupa paparan bunyi dari suara garengpung yang telah termanipulasi dengan variasi *peak* frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz yang terekam pada alat *Audio Bio Harmonik*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi berbagai permasalahan sebagai berikut:

1. Kebutuhan jagung di Indonesia yang terus meningkat setiap tahun, sehingga perlu adanya modernisasi alat untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.
2. Teknik *Sonic Bloom* dan penggunaan paparan gelombang suara hewan sebagai alternatif dalam upaya meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.
3. Belum diketahui pengaruh paparan bunyi dengan variasi *peak* frekuensi terhadap luasan bukaan stomata pada tanaman jagung.

4. Belum diketahui *peak* frekuensi yang paling baik digunakan untuk mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas pada tanaman jagung dengan hasil stomata yang paling lebar.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka diperlukan batasan-batasan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman jagung (*Zea mays L.*).
2. Sumber bunyi yang digunakan adalah suara “garengpung” (*Dundubia manifera*).
3. Luasan bukaan stomata pada daun tanaman jagung (*Zea mays L.*) sebelum, sesaat, dan setelah dipapari bunyi garengpung (*Dundubia manifera*) termanipulasi *peak* frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.
4. Parameter luasan bukaan stomata pada daun tanaman jagung (*Zea mays L.*) dibatasi oleh waktu dan jarak pemaparan yang tetap.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah di atas, dapat dirumuskan berbagai permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh paparan bunyi suara garengpung terhadap hasil luasan bukaan stomata pada tanaman jagung sebelum, saat, dan sesudah

- diberi perlakuan bunyi dengan variasi frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz dengan perhitungan eliptis?
2. Pada *peak* frekuensi berapa stomata pada tanaman jagung dapat membuka paling lebar saat diberi perlakuan bunyi dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh paparan bunyi suara garengpung terhadap hasil luasan bukaan stomata pada tanaman jagung sebelum, saat, dan sesudah diberi perlakuan bunyi dengan variasi frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz dengan perhitungan eliptis.
2. Mengetahui *peak* frekuensi yang mampu mempengaruhi stomata pada tanaman jagung untuk membuka paling lebar saat diberi perlakuan bunyi dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.

F. Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil luasan bukaan stomata tanaman jagung sebelum, saat, dan sesudah pemberian perlakuan dengan frekuensi suara garengpung yang berbeda-beda.
2. Bagi masyarakat, memberikan informasi bahwa suara garengpung dapat mempengaruhi terhadap luasan bukaan stomata sehingga semakin banyak nutrisi masuk ke dalam stomata yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.
3. Bagi mahasiswa, pengetahuan ini dapat memperdalam pengetahuan ilmu fisika yang berkaitan dengan ilmu biologi, terutama mengenai gelombang suara dan pengaruhnya terhadap tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa ilmu fisika dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari sebagai ilmu yang bermanfaat bagi masyarakat.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

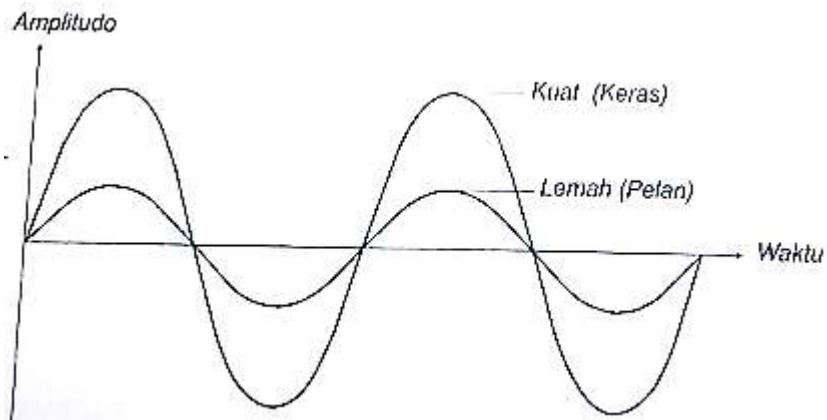
A. Gelombang Bunyi

Bunyi terjadi karena adanya benda yang bergetar yang menimbulkan gesekan dengan zat yang ada di sekitarnya. Benda yang bergetar tersebut menyentuh partikel zat di dekatnya yang berupa gas, cair dan padat yang tergantung pada letak benda yang bergetar. Zat yang berada disekitar benda yang bergetar seringkali disebut zat perantara atau medium perambatan gelombang bunyi. Perambatan bunyi memerlukan medium perantara dan rambatan atau perpindahan gelombangnya berupa rapat dan renggangan bergantian secara periodik. Perambatan gelombang bunyi pada suatu medium berupa gelombang longitudinal, artinya arah searah dengan arah rambatannya (Mediastika, 2005: 2). Jadi, gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang terjadi pada benda yang bergetar karena adanya kerapatan dan perenggangan dalam medium atau zat perantara berupa gas, cair, dan padat (Tippler, 1998: 505).

Bunyi dapat didengar sebab getaran benda sebagai sumber bunyi yang menggetarkan udara disekitar dan melalui medium udara itu bunyi tersebut merambat sampai ke gendang telinga dengan variasi tekanan udara secara periodik di sepanjang lintasan perambatannya. Tekanan udara periodik inilah yang mampu menggetarkan gendang telinga (Jati dan Priyambodo, 2013: 365). Bunyi yang dapat di dengarkan oleh telinga manusia dengan baik

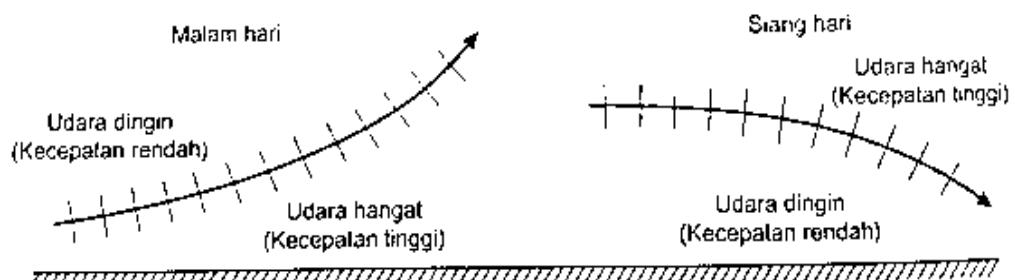
berkisar antara frekuensi 20 Hz hingga 20000 Hz yang disebut suara audiosonik. Semakin tua seseorang maka frekuensi bunyi yang dapat didengarnya semakin merosot hingga kurang dari 20000 Hz. Bunyi pada kawasan frekuensi itu disebut bunyi pendengaran (*sound*). Frekuensi bunyi kurang dari 20 Hz disebut bunyi infrasonik. Bunyi infra tidak dapat didengarkan oleh manusia normal karena kepekaan sarafnya tidak dapat menjangkaunya, namun agar frekuensi tersebut dapat didengar selalu melibatkan pelipatan frekuensi bunyi infrasonik, misalnya suara dari gempa bumi. Frekuensi bunyi lebih dari 20000 Hz disebut bunyi ultrasonik. Bunyi tersebut dapat didengarkan apabila diberikan pelemahan bunyi yang harus diketahui nilai pelemahannya (Jati dan Tri Kuntoro Priyambodo, 2013: 366). Frekuensi bunyi ultrasonik dapat dimanfaatkan dalam pendekatan janin dalam rahim (Ishaq, 2006: 202).

Frekuensi bunyi menentukan jenis atau warna bunyi yang muncul, sedangkan panjang gelombang bunyi menunjukkan kekuatan bunyi. Kekuatan bunyi tidak diartikan dalam keras atau lemahnya bunyi, namun kuat lemahnya getaran yang ditimbulkan. Ketika frekuensi dan panjang gelombang tidak menunjukkan keras atau lemahnya bunyi, maka yang berpengaruh terhadap hal ini adalah amplitudo atau simpangan gelombang, seperti gambar berikut:



Gambar 1. Amplitudo menunjukkan keras/lemahnya bunyi

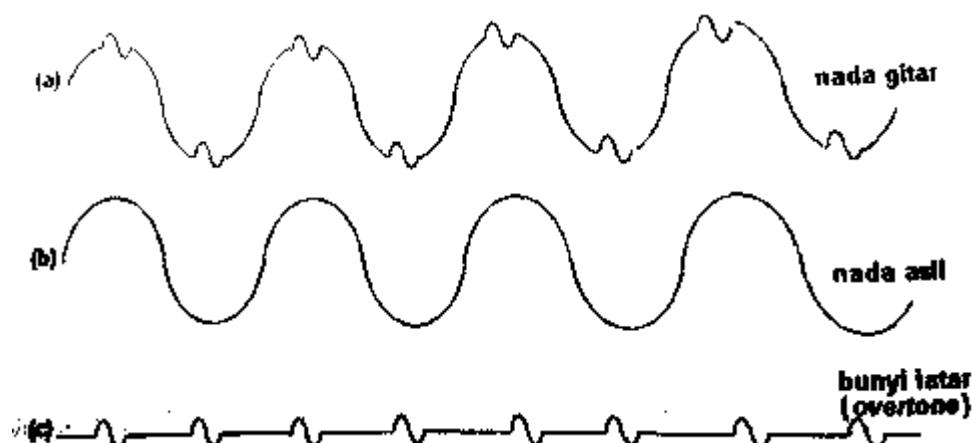
Ketika merambat pada medium yang homogen, bunyi akan merambat ke segala arah dengan kecepatan rambat yang tetap, tidak benar jika kecepatan rambat bunyi bergantung pada frekuensi dan panjang gelombang. Namun, kecepatan rambat bunyi bergantung pada kerapatan zat medium yang dilaluinya dan kerapatan partikel ditentukan oleh susunan partikel, temperatur, dan kandungan partikel lain dalam zat (Mediastika, 2005: 7). Pada udara hangat-panas, perambatan gelombang bunyi akan cenderung mengarah ke atas dan pada udara sejuk-dingin perambatannya cenderung mengarah ke bawah, seperti gambar berikut:



Gambar 2. Perambatan gelombang bunyi pada medium udara sesungguhnya tidak lurus namun membelok sesuai suhu udara yang dilaluinya.

Identitas bunyi dinyatakan oleh frekuensi, intensitas bunyi, dan warna bunyi (timbre). Frekuensi bunyi berhubungan dengan tinggi atau rendahnya

bunyi. Bunyi terdengar tinggi (melengking) bila frekuensi dari bunyi itu besar, dan terdengar rendah (bass) apabila frekuensi bunyi bernilai kecil. Intensitas bunyi merupakan besarnya tenaga bunyi yang menembusi luasan secara normal per satuan waktu. Besarnya intensitas bunyi diperlihatkan dari keras atau lemahnya bunyi. Bunyi dengan intensitas yang besar akan terdengar keras, dan bunyi akan terdengar rendah apabila intensitasnya rendah. Warna bunyi (timbre) merupakan ciri khas sumber bunyi, disebabkan karena adanya pengaruh bunyi latar yang selalu menyertai bunyi asli. Warna bunyi mempunyai frekuensi yang sama dan diikuti oleh frekuensi-frekuensi yang spesifik baik jumlahnya dan tingkat frekuensinya (*overtone*) yang memberikan pencirian bunyi. Timbre disebabkan oleh terlibatnya bunyi latar yang selalu menyertai bunyi asli.



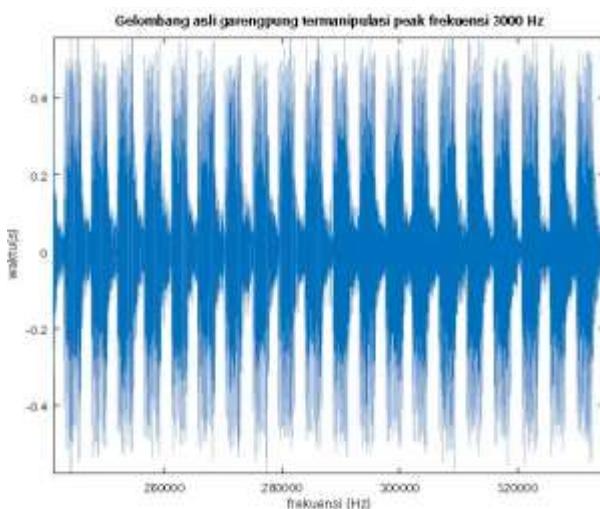
Gambar 3. Warna Bunyi (Timbre). (a) Nada yang kita dengar, (b) Nada asli, dan (c) Bunyi latar.

B. Analisis Bunyi

Penelitian ini menggunakan bunyi suara garengpung pada variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz. Bunyi asli yang dihasilkan dari suara garengpung berkisar pada frekuensi 3290 Hz,

sehingga suara garengpung tersebut tidak dapat dipaparkan langsung pada tanaman jagung. Bunyi yang dihasilkan oleh suara garengpung tersebut perlu dianalisis dan dimanipulasi agar frekuensi yang dihasilkan berada dalam kisaran frekuensi *Sonic Bloom*, yaitu 3000 Hz sampai 5000 Hz. Frekuensi tersebut yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas pada tanaman, karena pada kisaran frekuensi tersebut mulut daun (stomata) dapat terbuka lebar. Rentang frekuensi ini berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dan Carlson pada tahun 1972.

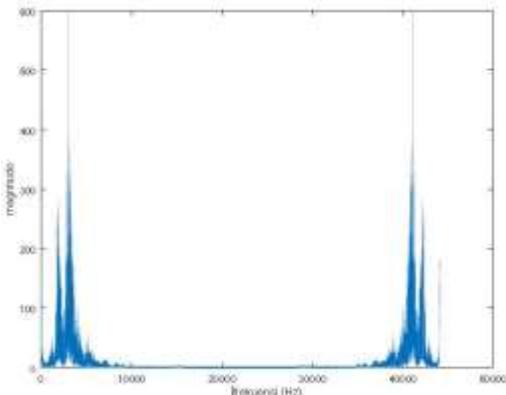
Bentuk asli gelombang pada termanipulasi peak frekuensi 3000 Hz dilihat dengan memasukkan rekaman bunyi audio bio harmonik menggunakan mic condensor ke dalam aplikasi *Octave 4.2.1*, sehingga diperoleh bentuk gelombang, seperti berikut:



Gambar 4. Bentuk gelombang bunyi garengpung peak frekuensi 3000 Hz

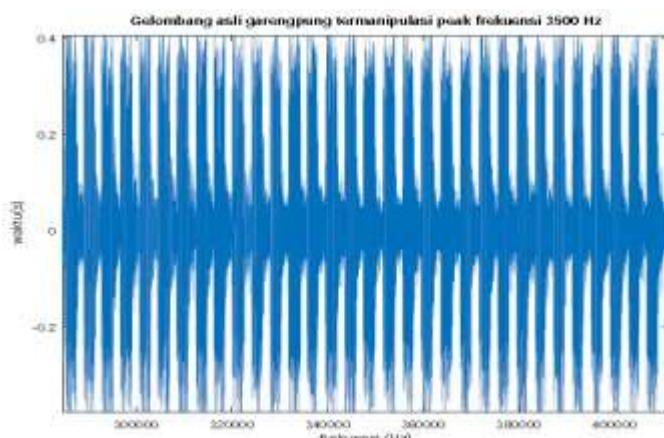
Gambar 4. menunjukkan bentuk gelombang bunyi garengpung termanipulasi peak frekuensi 3000 Hertz dalam domain frekuensi. Sumbu x adalah frekuensi dan sumbu y adalah mangitudonya, kemudian dengan

menggunakan *Octave 4.2.1* juga dianalisis *peak* frekuensinya sehingga diproleh spektrum sinyalnya seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada *peak* frekuensi 3004 Hz

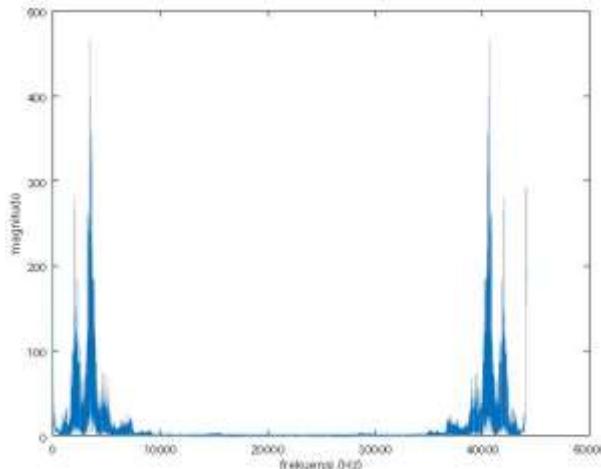
Bentuk asli gelombang pada termanipulasi *peak* frekuensi 3500 Hz dilihat dengan memasukkan rekaman bunyi audio bio harmonik menggunakan mic condensor ke dalam aplikasi *Octave 4.2.1*, sehingga diperoleh bentuk gelombang, seperti berikut:



Gambar 6. Bentuk gelombang bunyi garengpung *peak* frekuensi 3500 Hz

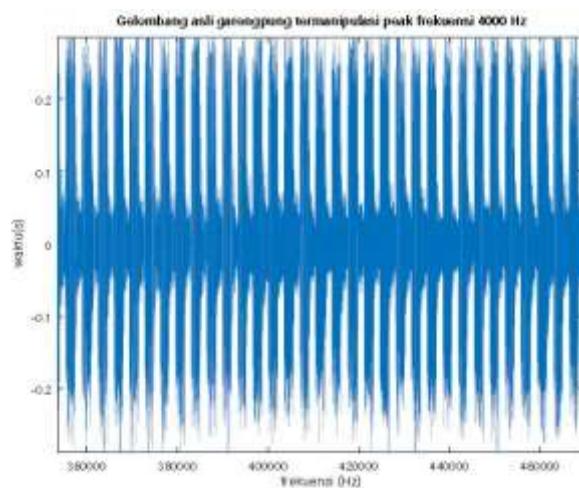
Gambar 6. menunjukkan bentuk gelombang bunyi garengpung termanipulasi *peak* frekuensi 3500 Hertz dalam domain frekuensi. Sumbu x adalah frekuensi dan sumbu y adalah mangitudonya, kemudian dengan

menggunakan *Octave 4.2.1* juga dianalisis *peak* frekuensinya sehingga diperoleh spektrum sinyalnya seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada *peak* frekuensi 3461 Hz

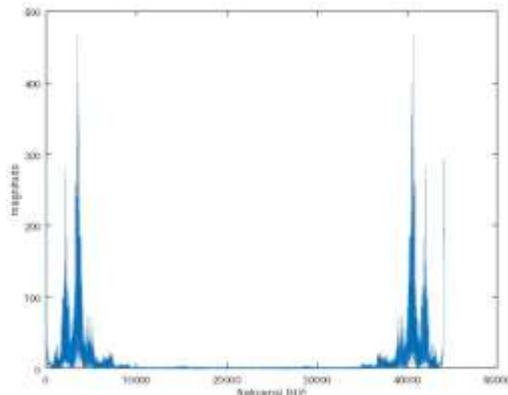
Bentuk asli gelombang pada termanipulasi *peak* frekuensi 4000 Hz dilihat dengan memasukkan rekaman bunyi audio bio harmonik menggunakan mic condensor ke dalam aplikasi *Octave 4.2.1*, sehingga diperoleh bentuk gelombang, seperti berikut:



Gambar 8. Bentuk gelombang bunyi garengpung *peak* frekuensi 4000 Hz

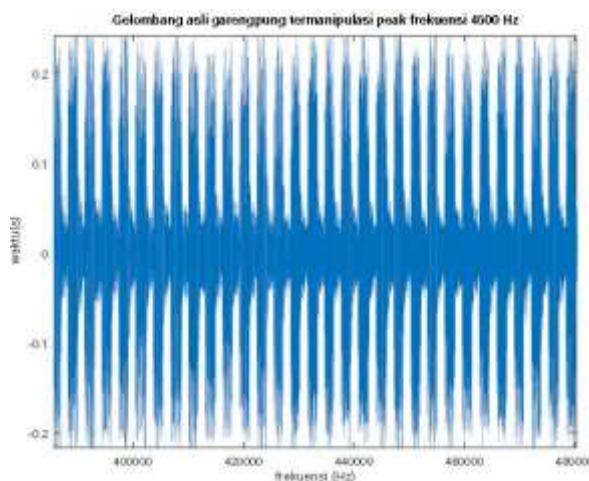
Gambar 8. menunjukkan bentuk gelombang bunyi garengpung termanipulasi *peak* frekuensi 4000 Hertz dalam domain frekuensi. Sumbu x

adalah frekuensi dan sumbu y adalah mangitudonya, kemudian dengan menggunakan *Octave 4.2.1* juga dianalisis *peak* frekuensinya sehingga diperoleh spektrum sinyalnya seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada *peak* frekuensi 3851 Hz

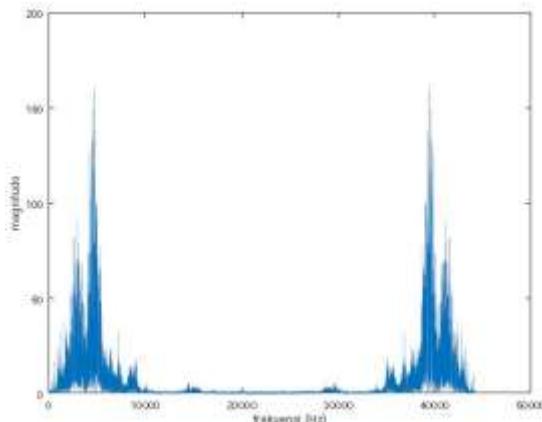
Bentuk asli gelombang pada termanipulasi *peak* frekuensi 4500 Hz dilihat dengan memasukkan rekaman bunyi audio bio harmonik menggunakan mic condensor ke dalam aplikasi *Octave 4.2.1*, sehingga diperoleh bentuk gelombang, seperti berikut:



Gambar 10. Bentuk gelombang bunyi garengpung *peak* 4500 Hz

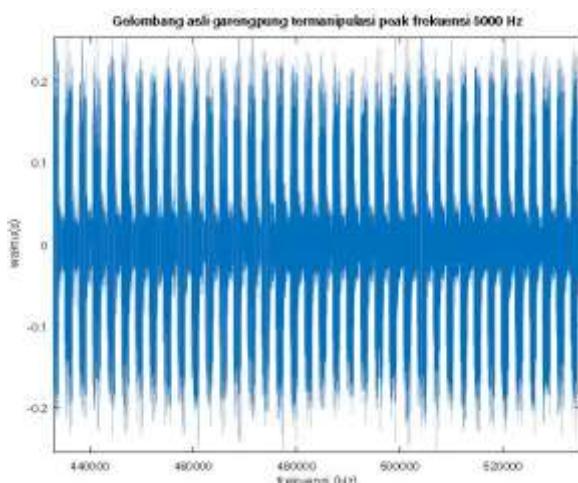
Gambar 10. menunjukkan bentuk gelombang bunyi garengpung termanipulasi *peak* frekuensi 4500 Hertz dalam domain frekuensi. Sumbu x

adalah frekuensi dan sumbu y adalah mangitudonya, kemudian dengan menggunakan *Octave 4.2.1* juga dianalisis *peak* frekuensinya sehingga diperoleh spektrum sinyalnya seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada *peak* frekuensi 4678 Hz

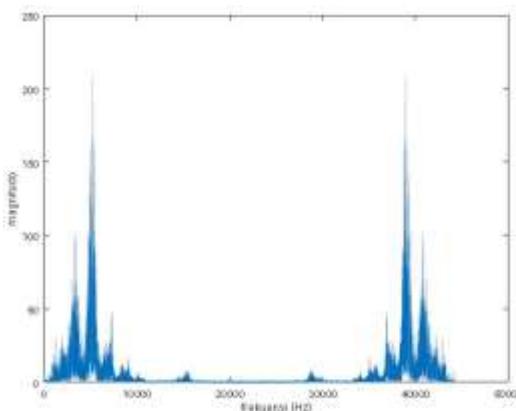
Bentuk asli gelombang pada termanipulasi *peak* frekuensi 5000 Hz dilihat dengan memasukkan rekaman bunyi audio bio harmonik menggunakan mic condensor ke dalam aplikasi *Octave 4.2.1*, sehingga diperoleh bentuk gelombang, seperti berikut:



Gambar 12. Bentuk gelombang bunyi garengpung *peak* frekuensi 5000 Hz

Gambar 12. menunjukkan bentuk gelombang bunyi garengpung termanipulasi *peak* frekuensi 5000 Hertz dalam domain frekuensi. Sumbu x

adalah frekuensi dan sumbu y adalah mangitudonya, kemudian dengan menggunakan *Octave 4.21* juga dianalisis *peak* frekuensinya sehingga diperoleh spektrum sinyalnya seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Spektrum sinyal gelombang bunyi garengpung pada *peak* frekuensi 5211 Hz

C. Tanaman Jagung

Jagung adalah tanaman musimam, karena hanya mengalami satu siklus hidup dalam 80 hari – 150 hari. Separuh pertama hidupnya adalah tahapan dalam pertumbuhan vegetatif dan setengahnya lagi untuk pertumbuhan secara generatif. Tanaman jagung dalam tata nama atau taksonomi tumbuh-tumbuhan memiliki klasifikasi, sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisio	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Sub Divisio	: Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup)
Classis	: Monocotyledone (berbiji keping satu)
Ordo	: Graminae (rumput-rumputan)
Familia	: Graminaceae
Genus	: Zea

Species : *Zea Mays L*

Dilihat dari tersebut, jagung merupakan tanaman yang bijinya berkeping tunggal atau monokotil dengan berakar serabut, sedangkan untuk tanaman jagung dewasa akan muncul akar-akar deventif dari buku-buku batang bagian bawah sebagai penyangga batang dan batangnya tidak banyak mengandung lignin dengan ruasnya terbungkus pelepas daun yang muncul dari buku-buku batang. Daunnya merupakan daun sempurna dengan bentuk memanjang, antara pelepas dan helai daun terdapat ligula dengan tulang daun sejajar.

Batang tanaman jagung berbentuk bulat silindris dan tidak berlubang seperti halnya batang tanaman padi, tetapi padat dan berisi berkas-berkas pembuluh sehingga memperkuat berdirinya batang. Ketinggian batang pada tanaman jagung bervariasi antara 1 sampai 3 meter dari atas permukaan tanah dan tergantung jenis atau varietas yang ditanam, bahkan ada yang mencapai ketinggian 6 meter. Pertumbuhan batang tidak hanya memanjang saja, tetapi juga mengalami pertumbuhan ke samping atau membesar dengan diameter yang dapat mencapai 3 cm sampai 4 cm. Pengukuran pertumbuhan batang jagung ini dari permukaan tanah hingga ruang teratas sebelum bunga jantan (Warisno, 1998: 21-22).

Jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah (diklin). Kuntum bunganya berstruktur khas suku *Poaceae*, yaitu floret. Bunga jantan tumbuh di puncak batang berupa karangan bunga (*inflorescence*). Serbuk sarinya berwarna kuning dengan aroma khas. Sementara bunga betina

tersusun dalam tongkol yang tumbuh dari buku, diantara batang dan pelepas daun. Tongkol dalam bunga betina ini selalu dibungkus oleh kelopak-kelopak bunga yang jumlahnya sekitar 6 helai sampai 14 helai. Tangkai kepala putik merupakan rambut atau benang yang terjumbai di ujung tongkol sehingga kepala putiknya menggantung di luar tongkol.

Daun tanaman jagung berbentuk pita atau garis dengan memiliki ibu tulang daun yang letaknya ditengah-tengah daun dan sejajar dengan ibu daun. Jumlah daun sekitar 8 helai – 48 helai setiap batangnya, tergantung pada jenis atau varietas yang ditanam. Panjang daun 30 cm – 45 cm dan lebarnya antara 5 cm – 15 cm. Pada tanah yang subur daun mencapai 15 helai atau lebih, akan tetapi rata-rata 10 helai setiap batang. Pada sisi atas daun terdapat sel-sel kipas, dimana pada musim kemarau sangat berguna untuk menyerap air di bawah tekanan turgor sehingga daun menggulung atau mengerut. Pada posisi bawah daun terdapat stomata atau mulut dan yang lebih banyak. Daun-daun tanaman jagung akan tumbuh dan membuka seirama dengan terjadinya proses pemanjangan batang (Warisno, 1998: 22-23).

Biji jagung merupakan jenis serelia dengan ukuran biji terbesar dengan berat rata-rata 250-300 mg, serta biji jagung memiliki bentuk tipis dan bulat melebar. Biji jagung diklasifikasikan sebagai kariopsis, hal ini disebabkan biji jagung memiliki struktur embrio yang sempurna dan nutrisi yang dibutuhkan oleh calon individu baru untuk pertumbuhan dan perkembangan menjadi tanaman jagung.

Menurut Mugnijah dkk (1995: 60-61), spesies jagung dibagi ke dalam beberapa tipe berikut, yang kadang-kadang dianggap varietas:

(1) *Dent corn* (jagung gigi kuda)

Tipe jagung yang banyak diusahakan ini, benihnya berlekuk di bagian atas, yang terjadi karena pengertian tepung yang lunak di bagian tersebut. Benih berwarna kuning, putih, atau merah. Tanaman tumbuh tegap dan kebanyakan berumur dalam.

(2) *Flint corn* (jagung mutiara)

Tipe jagung ini juga banyak diusahakan. Benihnya terisi penuh dengan ukuran sedang dan tidak berlekuk di bagian atasnya. Benih berwarna kuning, putih, atau merah. Tanaman tumbuh vigor dan lebih genjah daripada tanaman tipe gigi kuda, walaupun masih dapat diklasifikasikan sebagai genjah, sedang, dan dalam.

(3) *Flour corn*

Benih berendosperma dengan pati yang lunak.

(4) *Sweet corn* (jagung manis)

Tipe ini mulai populer dan banyak diusahakan di Indonesia. Benihnya mengandung banyak gula. Sebagai sayuran jenis ini biasanya dipanen muda. Benih menjadi keriput jika telah masak.

(5) *Pop corn* (jagung beledug)

Benih memiliki lapisan tebal dari tepung yang keras yang mengelilingi tepung yang lunak pada pusat endosperma. Benih berbentuk agak

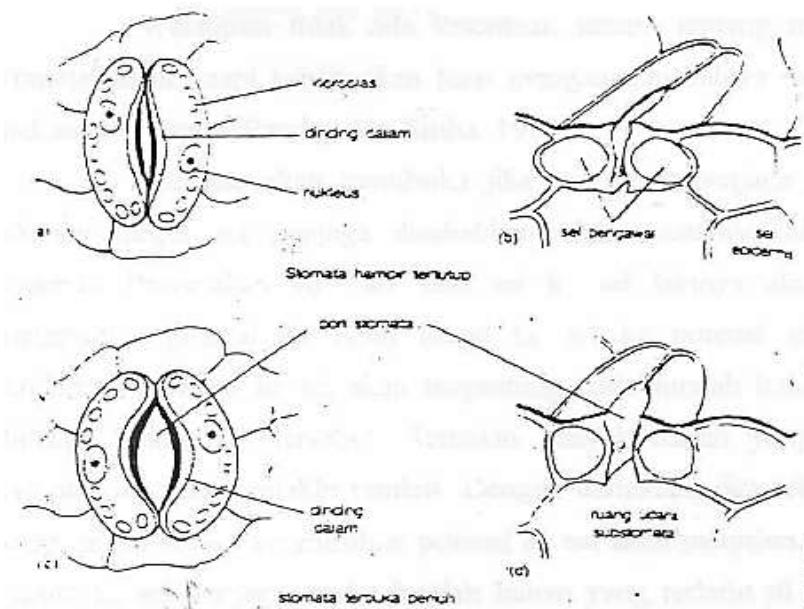
runcing, kecil, dan keras; warnanya kuning atau putih. Tanaman tidak setegap tipe-tipe lainnya, dengan tongkol yang kecil.

(6) *Waxy corn*

Dalam tipe ini seluruh tepung benihnya terdiri dari amilopektin sehingga tampak berlilin.

D. Stomata

Menurut Kertasaputra, 1998 (Affifudin, 2004: 1) stomata berasal dari bahasa Yunani yaitu stoma yang berarti lubang atau *porus*; jadi stomata adalah lubang-lubang kecil berbentuk lonjong yang dikelilingi oleh dua sel epidermis khusus yang disebut sel penutup. Sel penutup tersebut adalah sel-sel epidermis yang telah mengalami kejadian perubahan bentuk dan fungsi yang dapat mengatur besarnya lubang-lubang yang ada diantaranya. Stomata tersusun dari beberapa bagian, yaitu sel penutup, sel penjaga (*guard cell*), sel tetangga, dan ruang udara dalam seperti tampak pada gambar dibawah ini:



Gambar 14. Bagian-bagian stomata (Affifudin, 2004: 2)

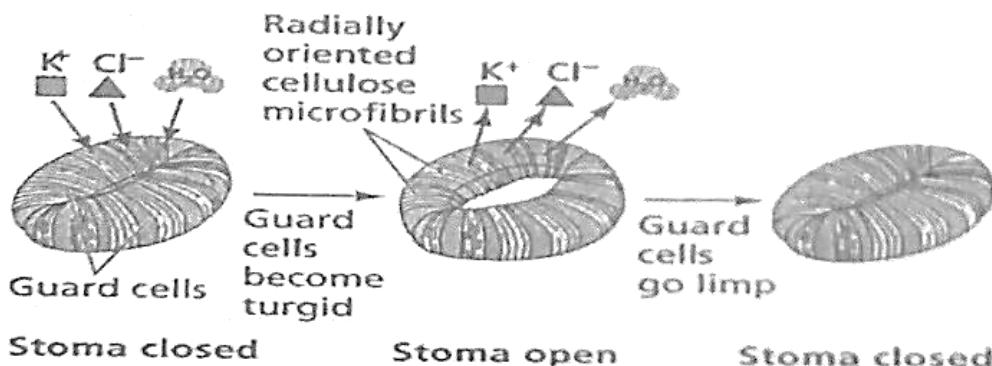
Sel penutup berperan dalam mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Sel penutup terdiri dari sepsang sel yang terlihat simetris berbentuk ginjal, di dalamnya terdapat serat halus sellulosa (*cellulose microfibril*) yang melingkari sel penjaga. Sel penjaga berperan dalam perubahan tekanan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup yang mengatur lebar celah. Sel tetangga merupakan sel-sel yang mengelilingi sel penutup. Ruang udara dalam (*subtomatal chamber*) merupakan suatu ruang antar sel (*interselluler space*) yang besar, yang berfungsi ganda bagi fotosintesis dan transpirasi (Kertasaputra, 1998)

Stomata pada umumnya terdapat pada bagian-bagian tumbuhan yang berwarna hijau, terutama pada daun-daun tanaman. Stomata ditemukan di kedua permukaan daun atau pada muka saja, namun lebih banyak terletak pada bagian bawah permukaan daun (Salisbury dan Ross, 1995:78). Setiap stomata ukuran melintangnya kurang dari 1/1000 inchi, dan menyebabkan oksigen (O_2) dan air (H_2O) keluar dari daun, yang dinamakan transpirasi (Tapari, 2009).

Mekanisme membuka dan menutupnya stomata dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu mekanisme turgor, adanya tekanan osmotik, akumulasi ion kalium, akumulasi asam absisat, dan pengaruh lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan cahaya. Stomata pada tumbuhan akan membuka pada saat matahari terbit dan menutup saat hari sudah gelap sehingga memungkinkan masuknya CO_2 yang diperlukan untuk fotosintesis pada siang hari. Pembukaan stomata pada tumbuhan memerlukan waktu 1 jam dan penutupan

berlangsung secara bertahap sepanjang sore. Tingkat cahaya yang tinggi menyebabkan stomata membuka lebih besar dan stomata akan menutup lebih cepat jika ditempatkan dalam keadaan gelap secara tiba-tiba (Salisbury dan Ross, 1995:80).

Stomata membuka karena sel penjaga mengambil air dimana sel penjaga mengembang akan mendorong dinding bagian dalam stomata hingga merapat. Stomata bekerja dengan caranya sendiri karena sifat khusus yang terletak pada anatomi submikroskopik dinding selnya. Sel penjaga dapat bertambah panjang pada bagian dinding luarnya hingga mengembang ke arah luar. Dinding bagian dalam akan tertarik oleh mikrofobil yang mengakibatkan stomata membuka, seperti yang dilihat pada gambar berikut (Salisbury dan Ross, 1995:86):



Gambar 15. Proses dinding bagian dalam yang tertarik mikrofobil mengakibatkan stomata membuka

E. Mekanisme Pembukaan stomata

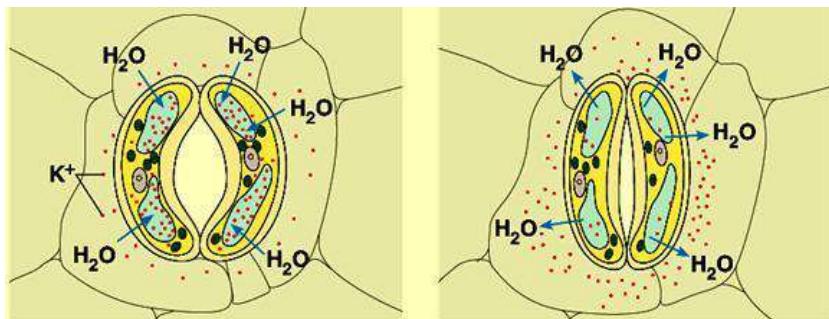
Mekanisme membukanya stomata umumnya melibatkan cahaya dan mekanisme turgor dimana dalam proses fotosintesis stomata akan membuka karena terjadi mekanisme turgor (Pandey dan Sinha, 1983: 91).

Menurut Lakitan, 1993 (Affifudin, 2004: 3) menyatakan bahwa stomata akan membuka jika kedua sel penjaga meningkat. Peningkatan tekanan turgor sel penjaga disebabkan oleh masuknya air ke dalam sel penjaga tersebut. Tekanan turgor adalah suatu keadaan sel mengembang karena penyerapan air oleh sitoplasma dan ronga sel. Menurut Tjitrosomo, et al. (1983: 106) menyatakan bahwa peningkatan turgor pada sel penjaga karena adanya air dari sel-sel sekitarnya yang masuk ke dalamnya. Pergerakan air yang masuk dari satu sel ke sel yang lainnya akan selalu dari sel yang mempunyai potensi air lebih tinggi menuju ke sel yang mempunyai potensi air lebih rendah. Tinggi rendahnya potensi air sel akan bergantung pada jumlah bahan yang terlarut didalam cairan sel tersebut. Semakin banyak bahan terlarut maka potensi osmotik akan semakin rendah. Jika tekanan turgor sel tersebut tetap, maka secara keseluruhan potensial air sel akan menurun. Untuk memacu agar air masuk ke sel penjaga, maka jumlah bahan yang terlarut di dalam sel tersebut harus ditingkatkan (Pandey dan Sinha, 1983: 92).

Stomata membuka karena sel penjaga menyerap air dan mengembung, namun ukuran diameter sel penjaga tidak bertambah besar karena mikrofobil tidak banyak merenggang ke arah panjangnya. Sel penjaga akan bertambah panjang pada bagian dinding luarnya yang menyebabkan mengembung ke arah luar dan dinding sel bagian dalam akan tertarik ke dalam oleh mikrofobil, sehingga stomata akan membuka (Salisbury dan Ross, 1995: 84). Beberapa hal yang mempengaruhi stomata daun antara lain:

penyerapan ion Kalium (K^+), tekanan osmotik, cahaya, suhu, asam absisat, konsentrasi karbondioksida (CO_2), dan angin.

Gambar mekanisme pembukaan stomata dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 16. Ilustrasi mekanisme membuka (kiri) dan menutup (kanan) stomata. (<https://science.spaces.blogspot.co.id/2014/11/mechanisme-pengangkutan-air-pada-tumbuhan.html?m=1> diakses 7 April 2018)

Ada tiga kemungkinan yang mendorong sel penjaga mengambil air sehingga stomata membuka, yaitu:

1. Jika potensial osmotik protoplas sel penjaga lebih negatif daripada sel sekitarnya, air akan bergerak masuk ke dalam sel penjaga dengan cara osmosis dan mengakibatkan naiknya tekanan dan sel mengembang.
2. Menurunnya ketahanan sel penjaga terhadap perengangan, sehingga tekanan di dalam sel pun turun; sehingga memungkinkan pengambilan air lebih banyak sehingga sel mengembang.
3. Sel pelengkap yang berada di sekitar sel penjaga mengerut, sehingga menurunkan tegangan (Salisbury dan Ross, 1995: 85)

Secara umum skema mekanisme membukanya stomata adalah, sebagai berikut:

Cahaya → fotosintesis dalam sel-sel mesophyl → berkurangnya CO₂ dalam ruang antar sel → menaikkan pH dalam sel penutup → perubahan enzimatik menjadi gula → menaikkan kadar gula → menaikkan tekanan osmotik dari getah sel → menaikkan turgor → stomata membuka (Pandey dan Sinha, 1983: 92).

Jika dikaitkan dengan bunyi maka mekanisme membukanya stomata adalah, sebagai berikut:

Suara → beresonansi dengan stomata → mendorong dinding sel penjaga → menaikkan turgor → stomata membuka.

F. Pengaruh Suara terhadap Pembukaan Stomata

Suara merupakan gabungan dari berbagai sinyal, tetapi secara teori suara dijelaskan dengan kecepatan osilasi atau frekuensi yang diukur dalam hertz (Hz) dan amplitudo atau kenyaringan bunyi dengan pengukuran dalam desibel. Gelombang bunyi merupakan getaran molekul-molekul zat yang saling beradu satu sama lain. Zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi tetapi tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992: 166). Jadi, bunyi mempunyai energi dan bentuk gelombangnya mampu menggetarkan partikel-partikel yang dilaluinya.

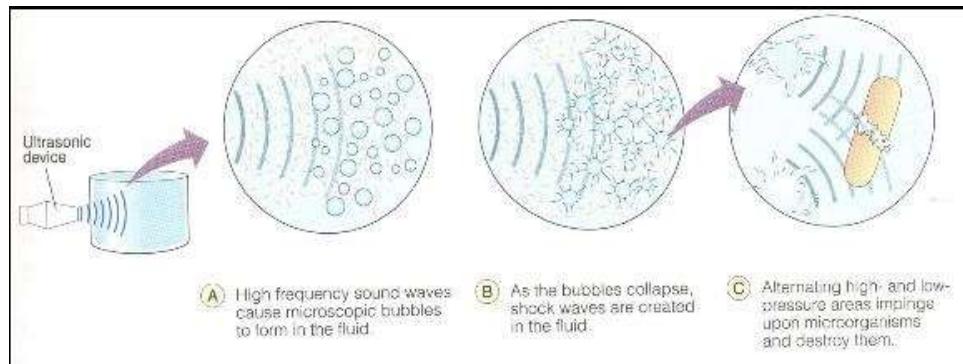
Bunyi mempunyai energi, karena bunyi merupakan salah satu bentuk gelombang yang memiliki kemampuan menggetarkan partikel-partikel yang dilaluinya. Energi yang dihasilkan oleh bunyi atau suara memberikan efek

terhadap tanaman, yaitu mampu merangsang stomata terbuka. Getaran dari suara akan memindahkan energi ke permukaan daun dan menstimulasi stomata lebih lebar (Kadarisman, 2011). Membukanya stomata yang lebih lebar berarti penyerapan unsur hara dan bahan-bahan lain di daun lebih banyak dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan bunyi. Membukanya stomata menyebabkan gas oksigen O_2 terdifusi keluar dan gas karbondioksida CO_2 masuk ke dalam sel sebagai bahan untuk melakukan proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari (Salisbury dan Ross, 1995: 89).

Partikel yang mentransmisikan gelombang suara berisolasi di dalam arah penjalaran gelombang itu sendiri. Jika sebuah sistem dapat berisolasi dipengaruhi oleh sederet denyut periodik yang sama atau hampir sama dengan salah satu frekuensi alami dari osilasi sistem tersebut, maka sistem tersebut mengalami osilasi dengan amplitudo yang besar. Peristiwa ini disebut dengan resonansi (Halliday dan Resnick, 1985: 641). Resonansi akan terjadi lebih kuat ketika jarak kedua benda cukup dekat, hal ini diakibatkan oleh kesamaan atau kemiripan frekuensi dan resonansi dapat terjadi ketika sumber bunyi yang bergetar adalah benda yang memiliki kekuatan getaran yang hebat dimana objek dengan panjang gelombang yang besar atau objek dengan frekuensi rendah, sehingga mampu menggetarkan benda lain yang tidak memiliki kedekatan frekuensi (Mediastika, 2005: 9). Resonansi yang terjadi pada stomata akan menggetarkan molekul nutrisi di permukaan daun, sehingga mengintesifkan penetrasinya.

Dalam artikel “*The Effect of Variabel Sound Frequencieson Plant Growth and Development*”, yang dituliskan oleh Yannick van Doorne (2000) menjelaskan bahwa pengaruh suara terhadap tanaman adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi suara tertentu dapat mengaktifkan gen tertentu dalam sel sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan ekspresi sel. Ekspresi sel merupakan suatu proses dimana kode-kode informasi yang ada pada gen diubah menjadi protein-protein yang beroperasi di dalam sel.
2. Frekuensi suara beresonansi dengan objek. Menurut Dan Carlson, frekuensi suara beresonansi dengan rongga stomata, sehingga mengakibatkan stomata bergetar dan merangsang bukaan stomata serta meningkatkan zat hara daun dan serapan air. Menurut Weinberger (1972) membuktikan bahwa frekuensi suara juga dapat beresonansi dengan organel sel untuk meningkatkan gerakan sitoplasma di dalam sel.
3. Fenomena kavitasi, yaitu fenomena yang disebabkan oleh suara dalam cairan. Suara yang keluar dari sumber bunyi mengenai sitoplasma. Suara tersebut memiliki berbagai frekuensi yang salah satu dari frekuensinya menyebabkan terjadinya *microbubbles* dalam sitoplasma yang beresonansi dengan suara itu. *Microbubbles* tersebut akan bergerak searah dengan arah bentuk gelombang suara. Proses terjadinya *microbubble* pada fenomena kavitasi dapat dilihat seperti pada gambar berikut:



Gambar 17. Proses terjadinya mirobubble pada fenomena kavitasi (<https://microbiologyon-line.blogspot.com/2009/09/ultrasonic-vibrations.html> diakses pada 7 April 2018)

4. Suara berinteraksi sebagai variasi propagasi gelombang tekanan, sehingga merangsang pergerakan molekul seperti proses difusi.
5. Fenomena resonansi skala, yaitu mekanisme untuk merangsang biosintesa protein yang menyebabkan terjadinya superposisi secara periodik terhadap getaran asam amino.

Suara dengan frekuensi tertentu dapat menimbulkan energi mekanik, sehingga menyebabkan terjadinya resonansi yang mengenai dinding sel penyangga stomata akibat energi tersebut. Frekuensi yang digunakan agar stomata dapat membuka antara 3000 Hz sampai 5000 Hz yang disesuaikan dengan teknologi *Sonic Bloom*. Frekuensi tersebut dapat merangsang stomata untuk membuka lebih lebar, sehingga daun dapat menyerap lebih banyak zat hara yang disemprotkan pada daun karena dapat mempercepat pertumbuhan serta meningkatkan produkivitas tanaman. Pembukaan stomata pada tanaman terjadi ketika intensitas sinar matahari tinggi, namun dengan pemberian suara pada saat intensitas sinar matahari rendah dapat memacu stomata untuk terbuka agar proses transpirasi tetap berlangsung.

Menurut Sumardi et.al (Supriaty Ningsih, 2007: 25), menyatakan bahwa pada dasarnya suara dengan frekuensi tersebut dapat memperpanjang periode pembukaan stomata yang mengakibatkan proses transpirasi tetap berlangsung, sehingga penyerapan unsur hara sebagai penyeimbang transpirasi semakin banyak. Pembukaan stomata karena pengaruh frekuensi bunyi mampu meningkatkan tekanan osmotik pada protoplasma sel penjaga, dimana sel penjaga merupakan salah satu bagian yang terdapat dalam stomata sehingga sel penjaga akan menggembung karena banyak menyerap air. Menyerap dan menggembungnya sel penjaga akibat tekanan osmotik protoplasma sel penjaga lebih kecil dibandingkan sel di sekitarnya, yang menyebabkan air mengalir masuk ke dalam sel penjaga. Selanjutnya, mengakibatkan naiknya tekanan osmotik dan sel menggembung sehingga stomata membuka (Salisbury dan Ross, 1995: 85).

G. Teknik Sonic Bloom

Teknologi *Sonic Bloom* diperkenalkan oleh Dan Carlson pada tahun 1960-an, seorang ahli pemuliaan tanaman dari Amerika Serikat. Teknologi *Sonic Bloom* merupakan teknologi ramah lingkungan dengan perpaduan gelombang suara berfrekuensi antara 3000 Hz sampai 5000 Hz yang memacu terbukanya mulut daun (stomata) dan penyemprotan nutrisi melalui daun. Frekuensi suara tersebut yang menyebabkan stomata membuka lebih lebar dan memungkinkan lebih banyak menyerap karbondioksida dan nutrisi. Pada tayangan fotomikrograf memperlihatkan bahwa stomata daun membuka lebih besar akibat frekuensi suara yang digunakan oleh Carlson, sedangkan melalui

mikroskop elektron menunjukkan hasil kerapatan stomata pada daun lebih tinggi jika diberi perlakuan bunyi pada frekuensi suara tersebut. Penyemprotan nutrisi pada saat stomata terbuka dengan menggunakan semprotan organik yang mengandung senyawa nutrisi berbentuk ikatan organik untuk memberi nutrisi pada tanaman menjadi lebih efektif. Cara pemupukan ini lebih efektif dibandingkan dengan pemupukan melalui tanah, disebabkan unsur hara yang diaplikasikan langsung diserap stomata sekaligus diproses dalam klorofil. Peningkatan penetrasi dan translokasi nutrisi ke dalam daun menyebabkan metabolisme tanaman akan meningkat, sehingga pertumbuhan dan produktivitas ikut meningkat.

Menurut Carlson (Yulianto, 2008) menyatakan nutrisi yang digunakan dibuat dari bahan dasar rumput laut dan mengandung asam giberelat yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman, serta asam amino dan berbagai *trace mineral* seperti Ca, K, Mg, dan Zn. Larutan zat-zat nutrisi yang digunakan oleh Carlson membutuhkan waktu 15 tahun dengan melakukan *trial and error* agar mendapatkan hasil nutrisi yang efektif. Menurut Agrios, 1978 (Yulianto, 2008) menyatakan bahwa asam giberelat sebagai senyawa perangsang pertumbuhan tanaman mampu mengaktifkan gen yang semula *turn off*, sehingga tanaman mampu mempercepat pembungaan, perpanjangan batang dan akar, dan pertumbuhan buah.

H. Kerangka Berpikir

Proses pembukaan stomata daun tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh sumber bunyi. Teknologi

Sonic Bloom merupakan teknologi ramah lingkungan dengan perpaduan gelombang suara berfrekuensi antara 3000 Hz sampai 5000 Hz yang memacu terbukanya mulut daun (stomata) dan penyemprotan nutrisi melalui daun. Mengadaptasi dari teknik *Sonic Bloom*, maka dilakukan penelitian terhadap tanaman jagung (*Zea Mays L*) dengan menggunakan sumber bunyi dari suara garengpung. Tanaman jagung diberi paparan bunyi suara garengpung dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz. Frekuensi suara garengpung ini telah di analisis dan dimanipulasi menjadi *peak* frekuensi yang telah diaplikasikan ke dalam Audio Bio Harmonik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh paparan bunyi suara garengpung terhadap hasil luasan bukaan stomata dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz, serta mengetahui frekuensi yang baik digunakan dengan hasil luasan bukaan stomata yang paling besar. Stomata tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang, tetapi dapat dilihat menggunakan mikroskop cahaya yang terhubung dengan PC yang sudah terinstall *software NIS Elements Viewer* untuk melihat hasil perbesaran stomata dari mikroskop cahaya. Hasil perbesaran tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi *Image Raster 3.0* untuk mengetahui luasan bukaan stomata pada tanaman jagung agar hasilnya dapat dihitung menggunakan persamaan eliptis, serta membandingkan hasil luas bukaan stomata pada frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.

BAB III

METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 7 April sampai 25 Mei 2018.

2. Tempat Penelitian

- a. Lahan pertanian jagung yang digunakan dalam penelitian ini berada di Dusun Nglanjaran, Desa Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- b. Laboratorium Histologi Mikroskopi Anatomi Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA UNY.

B. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah tanaman jagung (*Zea mays L.*).

C. Variabel Penelitian

Variabel-varibel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas: bunyi suara garengpung dengan frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.
2. Variabel kontrol: tanaman jagung, waktu pemberian suara, dan jarak tanaman dengan suara garengpung.
3. Variabel terikat: luasan bukaan stomata dan perhitungan eliptis.

D. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat yang digunakan dalam penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, adalah :

- a. Audio Bio Harmonik yang sudah terpasang suara garengpung dengan frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.
- b. Charger untuk mengisi daya Audio Bio Harmonik.
- c. Dudukan plastik untuk menempatkan alat Audio Bio Harmonik.
- d. Mengambil sampel dan menganalisis stomata
 - 1) 1 buah kutek atau lem alteco.
 - 2) Beberapa lembar mika transparan atau kaca preparat untuk menempelkan stomata dari daun.
 - 3) 1 buah mikroskop Cahaya
 - 4) PC yang sudah terinstal *software NIS Elements Viewer*
 - 5) Laptop yang sudah terinstal *Image Raster 3.0*.

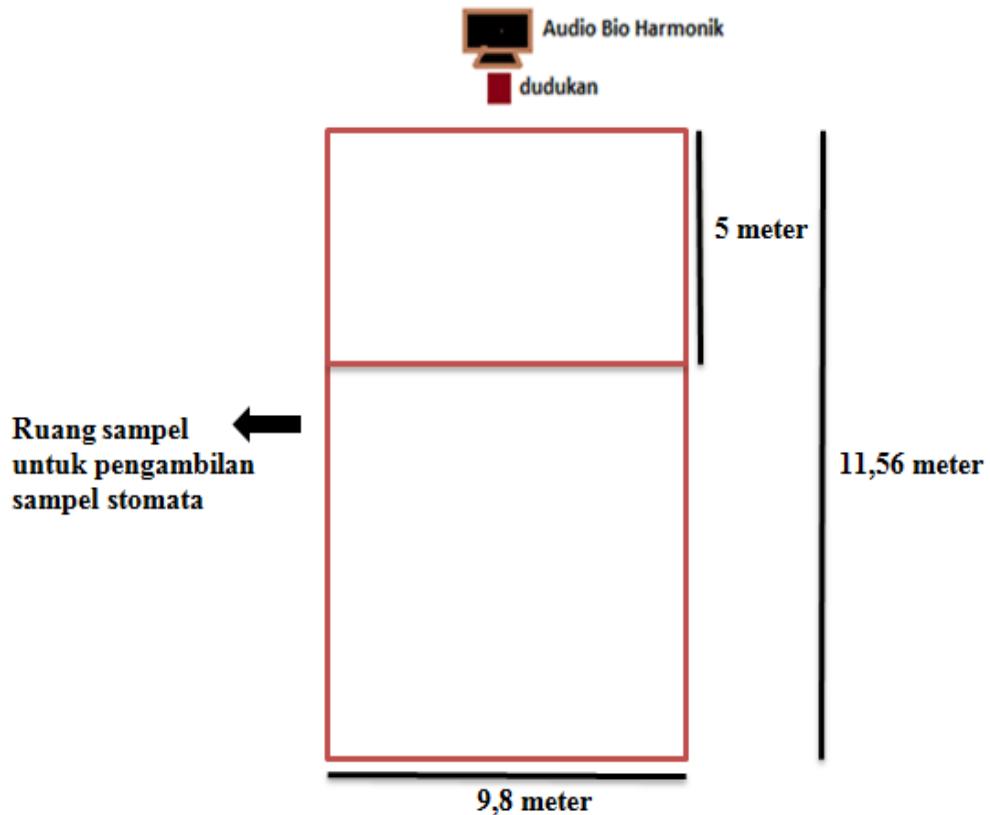
2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, adalah:

- a. Tanaman jagung (*Zea mays L.*)
- b. Bunyi Garengpung (*Dundubia manifera*)

E. Desain Penelitian

Desain penelitian berupa pengaturan posisi audio bio harmonik terhadap tanaman jagung, audio bio harmonik akan dipasang di depan tanaman jagung yang akan diberi paparan bunyi garengpung (*Dundubia manifera*).



Gambar 18. Posisi ruang sampel dan sumber bunyi garengpung

F. Langkah kerja

- Pemaparan tanaman jagung dengan bunyi suara garengpung adalah sebagai berikut:
 - Mengatur posisi dan jarak antara Audio Bio Harmonik (ABH) dengan baris pertama tanaman jagung sejauh 500 cm dan tinggi ABH sebesar 67 cm dari permukaan tanah, agar semua tanaman jagung dapat mendengar bunyi rekaman suara garengpung.
 - Mengatur frekuensi yang akan dipaparkan terhadap tanaman jagung, dikarenakan dalam penelitian ini menggunakan beberapa variasi *peak* frekuensi suara garengpung, yaitu frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.

- 3) Memaparkan audio bio harmonik tersebut ke tanaman jagung selama 30 menit untuk dilakukan pengambilan sampel.

b. Pengambilan sampel stomata adalah sebagai berikut:

- 1) Pengambilan sampel stomata ini dilakukan setiap pagi hari dari pukul 07:00 - 08:30 WIB.
- 2) Menyiapkan slide dari mika transparan dan lem alteco.
- 3) Mengambil sampel stomata untuk masing-masing frekuensi pada 10 tanaman jagung pada daun bagian atas sehingga diperoleh 10 sampel data.
- 4) Pengambilan data untuk variasi frekuensi 3000 Hz dilakukan dengan 3 kelompok sampel yang berbeda, yaitu sampel pertama diambil 15 menit sebelum suara garengpung dipaparkan ke tanaman jagung, kemudian sampel kedua diambil saat tanaman sedang diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan sampel ketiga diambil 15 menit setelah pempararan bunyi dihentikan.
- 5) Mencetak permukaan daun bagian atas dengan slide dari mika transparan yang telah diberi olesan lem alteco dan ditunggu hingga kering.
- 6) Melepaskan cetakan slide dari daun hingga terlihat serat daun yang menempel pada slide.
- 7) Memberi label nomor pada setiap sampel, dikarenakan setiap paparan bunyi diambil masing-masing 10 sampel.

- 8) Melakukan langkah pengambilan data yang sama dari langkah 3) sampai 7) untuk variasi frekuensi 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.
- 9) Sebelum pemaparan audio bio harmonik ke tanaman jagung, terlebih dahulu dilakukan pengambilan sampel data untuk tanaman kontrol dengan dibagi menjadi 3 kelompok sampel, yaitu dengan pengambilan sampel data seperti pada saat pemaparan suara garengpung yang dilakukan 15 menit sebelum pemaparan, saat sedang diberi paparan bunyi 30 menit, dan 15 menit setelah pemaparan kemudian sebagai pembanding terhadap sampel pada variasi frekuensi untuk 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.

c. Pengukuran luasan bukaan stomata adalah sebagai berikut:

- 1) Mengamati sampel stomata yang tercetak pada mika transparan menggunakan Mikroskop Cahaya merk *Nikon* dengan perbesaran 1000x yang terhubung dengan PC yang sudah terinstall *software NIS Elements Viewer*.
- 2) Menyimpan gambar stomata dalam format *Jpeg*.
- 3) Gambar stomata yang telah tersimpan kemudian diamati dengan menggunakan laptop yang sudah terinstall *Image Raster 3.0*.
- 4) Mengukur panjang dan lebar stomata dengan menggunakan *tools Measurment* pada *Image Raster 3.0*.

- 5) Luasan bukaan stomata pada setiap sampel dihitung menggunakan persamaan elliptis yang diolah dengan *Microsoft Excel 2010*. Luasan bukaan stomata akhir diperoleh dari rerata hasil perhitungan 10 sampel data stomata berdasarkan waktu pemgambilan pada setiap frekuensi.
- 6) Melakukan langkah 1) sampai 7) sampai diperoleh data dan hasil luas bukaan stomata untuk setiap variasi frekuensi pada 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz.

G. Teknik Analisis Data Hasil Pengamatan Tanaman Jagung

Data yang diperoleh dari pemaparan variasi frekuensi suara garengpung berupa luas bukaan stomata dari masing-masing sampel sebelum, saat, dan setelah pemaparan. Pengamatan luas bukaan stomata pada tanaman jagung menggunakan Mikroskop cahaya dengan perbesaran 1000 x dan PC yang sudah terinstall *software NIS Elements Viewer*, serta laptop yang telah terinstall *Image Raster 3.0* untuk mengukur panjang dan lebar stomata dengan mengasumsikan bentuk stomata berbentuk ellips. Luas bukaan stomata dari masing-masing sampel dianalisis menggunakan persamaan eliptis, seperti berikut:

$$L = \frac{\pi}{4} a b \quad \dots(1)$$

Dengan a = panjang bukaan stomata (μm)

b = lebar bukaan stomata (μm)

Sampel yang telah dianalisis luas bukaan stomatanya menggunakan persamaan diatas, kemudian dilakukan perhitungan rata-rata sehingga diperoleh luas rerata bukaan stomata untuk masing-masing sampel berdasarkan waktu pengambilan sampel. Perbandingan hasil sampel pada setiap frekuensi dengan variasi frekuensi lainnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh variasi frekuensi “garengpung” (*Dundubia manifera*) terhadap luasan bukaan stomata pada tanaman jagung (*Zea mays L.*) dengan perhitungan eliptis. Penelitian ini menggunakan 1 lahan untuk tanaman kontrol dan tanaman diberi paparan bunyi dengan menggunakan lahan milik Ibu Wagiati. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah pembukaan stomata pada tanaman jagung, hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi frekuensi bunyi garengpung antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz terhadap luasan bukaan stomata pada daun tanaman jagung, dimana tanaman kontrol diambil sampel stomatanya sebelum tanaman diberikan perlakuan bunyi suara garengpung. Bunyi asli yang dihasilkan dari suara garengpung berkisar pada frekuensi 3290 Hz.

A. Pengaruh Paparan Bunyi terhadap Luasan Bukaan Stomata Daun Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)

Pengambilan sampel stomata daun dilakukan pada pagi hari sekitar pukul 07.00 WIB sampai 08.30 WIB. Waktu pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali, yaitu 15 menit sebelum diberi paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Sampel diambil pada 10 tanaman jagung bagian atas daun sebanyak 10 buah tiap waktu pengambilan sampel. Pengamatan bukaan stomata yang meliputi panjang dan lebar dapat dilihat pada Lampiran 1.

Penelitian luasan bukaan stomata pada setiap sampel ini dihitung menggunakan persamaan (1) dengan nilai panjang dan lebar yang diperoleh dari hasil pengukuran stomata dengan *Image Raster 3.0* yang telah diamati perbesarannya menggunakan Mikroskop cahaya dengan perbesaran 1000 x dan PC yang sudah terinstall *software NIS Elements Viewer*. Luasan bukaan stomata akhir diperoleh dari rerata hasil perhitungan eliptis pada 10 sampel data stomata berdasarkan waktu pemgambilan sampel untuk setiap variasi frekuensi. Hasil perhitungan luasan bukaan stomata pada frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz, sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan luasan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi suara garengpung

Luasan bukaan stomata ini diamati dengan perbesaran 1000x menggunakan mikroskop cahaya, sehingga diperoleh salah satu sampel tampilan stomata tanpa paparan bunyi, sebagai berikut:

- a. 15 menit sebelum diberi paparan bunyi



Gambar 19. (a) Bukaan stomata sebelum diberi paparan bunyi

- b. Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit



Gambar 20. (b) Bukaan stomata saat diberi paparan bunyi

- c. 15 menit setelah diberi paparan bunyi



Gambar 21. (c) Bukaan stomata setelah diberi paparan bunyi

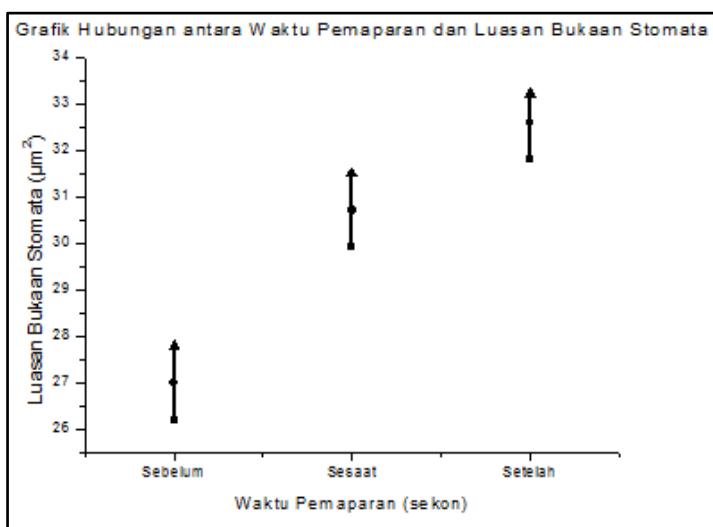
Pengamatan bukaan stomata yang meliputi panjang dan lebar selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengukuran luasan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Luasan bukaan stomata tanaman jagung tanpa perlakuan bunyi

No	Luasan bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Saat	Setelah
1	26,4	44,6	37,3
2	29,8	26,7	39,2
3	21,4	17,3	27,2
4	24,5	22,7	22,4
5	35,8	43,1	25,6
6	20,0	37,2	24,6
7	32,2	16,5	30,1

8	25,9	39,2	30,1
9	32,0	31,4	62,7
10	22,4	28,3	26,7
\bar{x}	27,0	30,7	32,6
Δx	0,8	0,8	0,8

Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan rata-rata luasan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa perlakuan sumber bunyi atau tanaman kontrol dengan pengambilan data seperti tanaman perlakuan, yaitu 15 menit sebelum paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Rata-rata luasan bukaan stomata 15 menit sebelum paparan bunyi sebesar $(27,0 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(30,7 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(32,6 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, kemudian rata-rata luasan bukaan stomata tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi terhadap luas bukaan stomata (μm^2), sebagai berikut:



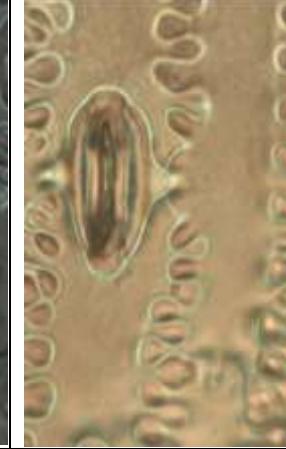
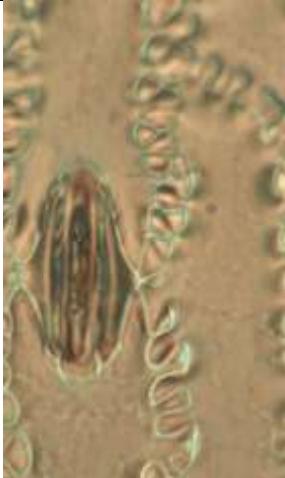
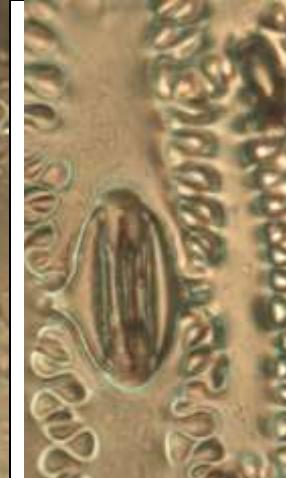
Gambar 22. Grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi dengan luasan bukaan stomata (μm^2) tanpa paparan bunyi

Dari grafik pada Gambar 22. menunjukkan bahwa stomata daun tanaman jagung tanpa paparan bunyi tidak dapat terbuka lebih lebar dibandingkan dengan tanaman yang diberi paparan bunyi. Hal ini ditunjukkan dari hasil perhitungan luasan bukaan stomata yang meningkat naik antara sebelum, sesaat, dan setelah diberi paparan bunyi, sehingga hasilnya tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Pembukaan stomata tanpa perlakuan bunyi hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama paparan sinar matahari, tanpa paparan sinar matahari stomata tidak akan terbuka dikarenakan sinar matahari memberikan rangsangan terhadap daun pada tanaman untuk membuka.

2. Hasil perhitungan luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan perlakuan sumber bunyi garengpung frekuensi 3000 Hz.

Luasan bukaan stomata ini diamati dengan perbesaran 1000x menggunakan mikroskop cahaya, sehingga diperoleh salah satu sampel tampilan stomata pada frekuensi 3000 Hz dan dibandingkan dengan tanpa paparan bunyi dapat dilihat pada Tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi dan frekuensi 3000 Hz

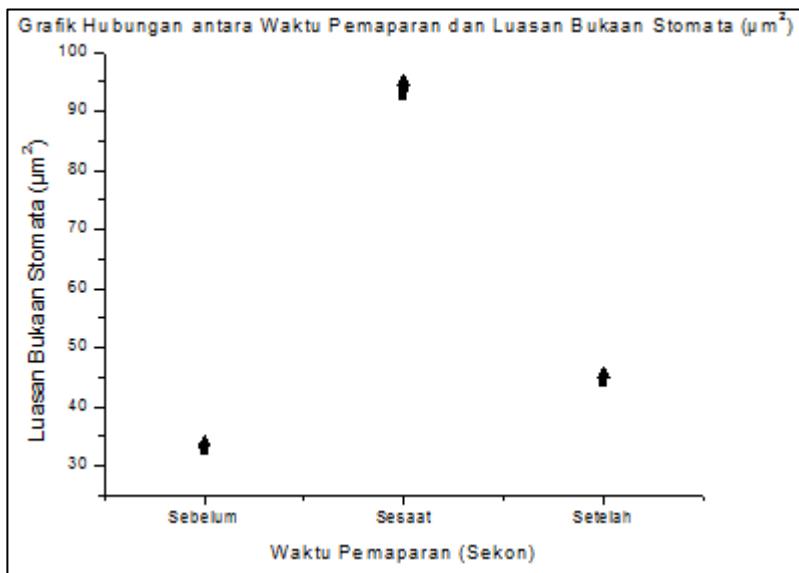
Tanaman	Perlakuan Bunyi		
	Sebelum	Sesaat	Setelah
Kontrol			
Perlakuan			

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa pengamatan bukaan stomata pada tanaman jagung yang diberi paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 3000 Hz dapat membuka lebih lebar dibandingkan dengan bukaan stomata pada tanpa paparan bunyi. Pengamatan bukaan stomata tersebut meliputi panjang dan lebar yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengukuran luasan bukaan stomata pada tanaman dengan frekuensi 3000 Hz dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Luasan bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 3000 Hz

No	Luasan bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Saat	Setelah
1	18,4	93,5	33,2
2	31,4	57,7	40,3
3	50,4	131,0	36,9
4	31,9	125,0	38,6
5	36,7	108,0	60,1
6	26,4	111,0	55,1
7	37,3	78,8	45,6
8	28,4	72,6	34,8
9	35,9	99,3	47,5
10	35,2	60,0	55,8
\bar{x}	33,2	93,7	44,8
$\Delta\bar{x}$	0,8	1,2	0,8

Berdasarkan Tabel 3. menunjukkan rata-rata luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan sumber bunyi frekuensi 3000 Hz, yaitu 15 menit sebelum paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Rata-rata luasan bukaan stomata 15 menit sebelum paparan bunyi sebesar $(33,2 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(93,7 \pm 1,2) \mu\text{m}^2$, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(44,8 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, kemudian rata-rata luasan bukaan stomata tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi terhadap luasan bukaan stomata (μm^2) sebagai berikut:



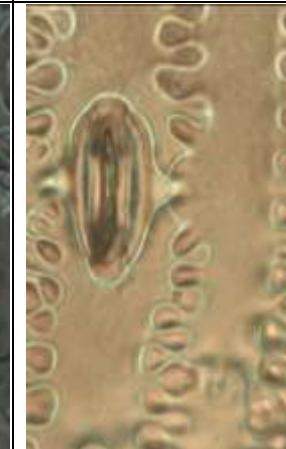
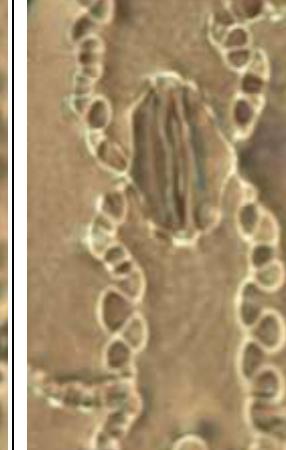
Gambar 23. Grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi dengan luas bukaan stomata (μm^2) frekuensi 3000 Hz

Dari grafik pada Gambar 23. menunjukkan bahwa stomata daun tanaman jagung merespon saat diberikan paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 3000 Hz dengan membuka secara maksimal, sehingga luasan bukaan stomata yang dihasilkan lebih lebar dan stomata mulai mengecil kembali setelah paparan bunyi dimatikan. Luasan bukaan stomata yang dihasilkan saat diberi paparan bunyi dengan frekuensi 3000 Hz lebih lebar dibandingkan luasan bukaan stomata tanpa paparan bunyi.

- Hasil perhitungan luas bukaan stomata pada tanaman jagung dengan perlakuan sumber bunyi garengpung frekuensi 3500 Hz

Luasan bukaan stomata ini diamati dengan perbesaran 1000x menggunakan mikroskop cahaya, sehingga diperoleh salah satu sampel tampilan stomata pada frekuensi 3500 Hz dan dibandingkan dengan tanpa paparan bunyi dapat dilihat pada Tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi dan frekuensi 3500 Hz

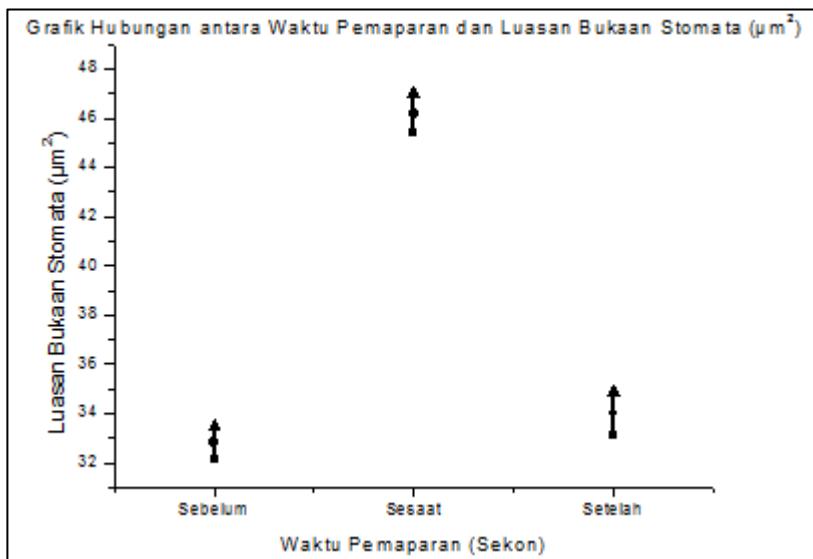
Tanaman	Perlakuan Bunyi		
	Sebelum	Sesaat	Setelah
Kontrol			
Perlakuan			

Berdasarkan Tabel 4. menunjukkan bahwa pengamatan bukaan stomata pada tanaman jagung yang diberi paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 3500 Hz dapat membuka lebih lebar dibandingkan dengan bukaan stomata pada tanpa paparan bunyi. Pengamatan bukaan stomata tersebut meliputi panjang dan lebar yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengukuran luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan frekuensi 3500 Hz dapat dilihat pada Tabel 5, sebagai berikut:

Tabel 5. Luasan bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 3500 Hz

No	Luasan bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Saat	Setelah
1	42,4	33,6	31,5
2	23,2	34,6	38,1
3	21,8	26,0	38,1
4	25,8	50,6	36,2
5	29,2	58,1	33,1
6	56,9	84,4	40,4
7	20,9	60,9	20,5
8	29,1	44,9	38,0
9	47,4	38,0	39,0
10	30,9	30,6	25,2
\bar{x}	32,8	46,2	34,0
$\Delta\bar{x}$	0,7	0,8	0,9

Berdasarkan Tabel 5. menunjukkan rata-rata luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan sumber bunyi garengpung berfrekuensi 3500 Hz, yaitu 15 menit sebelum paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Rata-rata luasan bukaan stomata 15 menit sebelum paparan bunyi sebesar $(32,8 \pm 0,7) \mu\text{m}^2$, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(46,2 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(34,0 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, kemudian rata-rata luasan bukaan stomata tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi terhadap luasan bukaan stomata (μm^2) sebagai berikut:



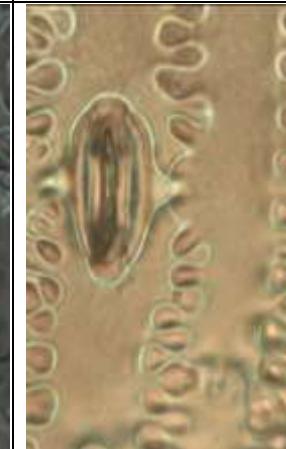
Gambar 24. Grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi dengan luas bukaan stomata (μm^2) frekuensi 3500 Hz

Dari grafik pada Gambar 24. menunjukkan bahwa stomata daun tanaman jagung merespon saat diberikan paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 3500 Hz dengan membuka secara maksimal, sehingga luasan bukaan stomata yang dihasilkan lebih lebar dan stomata mulai mengecil kembali setelah paparan bunyi dimatikan. Luasan bukaan stomata yang dihasilkan saat diberi paparan bunyi dengan frekuensi 3500 Hz lebih besar dibandingkan luasan bukaan stomata tanpa paparan bunyi.

- Hasil perhitungan luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan perlakuan sumber bunyi garengpung frekuensi 4000 Hz

Luasan bukaan stomata ini diamati dengan perbesaran 1000x menggunakan mikroskop cahaya, sehingga diperoleh salah satu sampel tampilan stomata pada frekuensi 4000 Hz dan dibandingkan dengan tanpa paparan bunyi dapat dilihat pada Tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi dan frekuensi 4000 Hz

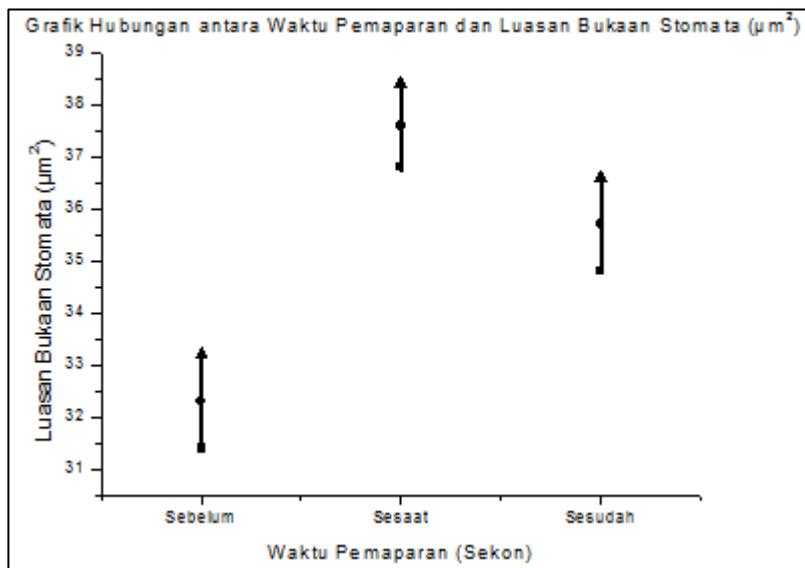
Tanaman	Perlakuan Bunyi		
	Sebelum	Sesaat	Setelah
Kontrol			
Perlakuan			

Berdasarkan Tabel 6. menunjukkan bahwa pengamatan bukaan stomata pada tanaman jagung yang diberi paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 4000 Hz dapat membuka lebih lebar dibandingkan dengan bukaan stomata pada tanpa paparan bunyi. Pengamatan bukaan stomata tersebut meliputi panjang dan lebar yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengukuran luasan bukaan stomata pada tanaman dengan frekuensi 4000 Hz dapat dilihat pada Tabel 7, sebagai berikut:

Tabel 7. Luasan bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 4000 Hz

No	Luasan bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Saat	Setelah
1	41,5	40,2	46,9
2	27,4	23,8	36,6
3	25,9	42,0	42,6
4	35,1	56,7	27,8
5	29,6	29,4	28,9
6	23,8	46,6	33,4
7	48,2	35,3	34,4
8	29,7	28,7	31,1
9	29,9	30,5	32,4
10	31,4	42,7	43,1
\bar{x}	32,3	37,6	35,7
Δx	0,9	0,8	0,9

Berdasarkan Tabel 7. menunjukkan rata-rata luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan sumber bunyi garengpung berfrekuensi 4000 Hz, yaitu 15 menit sebelum paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Rata-rata luas bukaan stomata 15 menit sebelum paparan bunyi sebesar $(32,3 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(37,6 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(35,7 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, kemudian rata-rata luasan bukaan stomata tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi terhadap luasan bukaan stomata (μm^2) sebagai berikut:



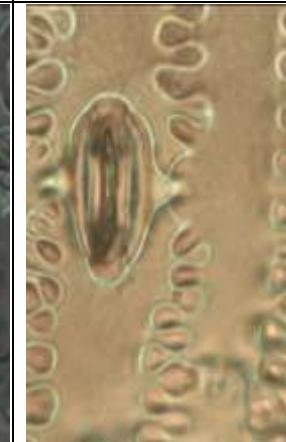
Gambar 25. Grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi dengan luasan bukaan stomata (μm^2) frekuensi 4000 Hz

Dari grafik pada Gambar 25. menunjukkan bahwa stomata daun tanaman jagung merespon saat diberikan paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 4000 Hz dengan membuka secara maksimal, sehingga luasan bukaan stomata yang dihasilkan lebih lebar dan stomata mulai mengecil kembali setelah paparan bunyi dimatikan. Luasan bukaan stomata yang dihasilkan saat diberi paparan bunyi dengan frekuensi 4000 Hz lebih lebar dibandingkan luasan bukaan stomata tanpa paparan bunyi.

- Hasil perhitungan luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan perlakuan sumber bunyi garengpung frekuensi 4500 Hz

Luasan bukaan stomata ini diamati dengan perbesaran 1000x menggunakan mikroskop cahaya, sehingga diperoleh salah satu sampel tampilan stomata pada frekuensi 4500 Hz dan dibandingkan dengan tanpa paparan bunyi dapat dilihat pada Tabel 8, sebagai berikut:

Tabel 8. Perbandingan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi dan frekuensi 4500 Hz

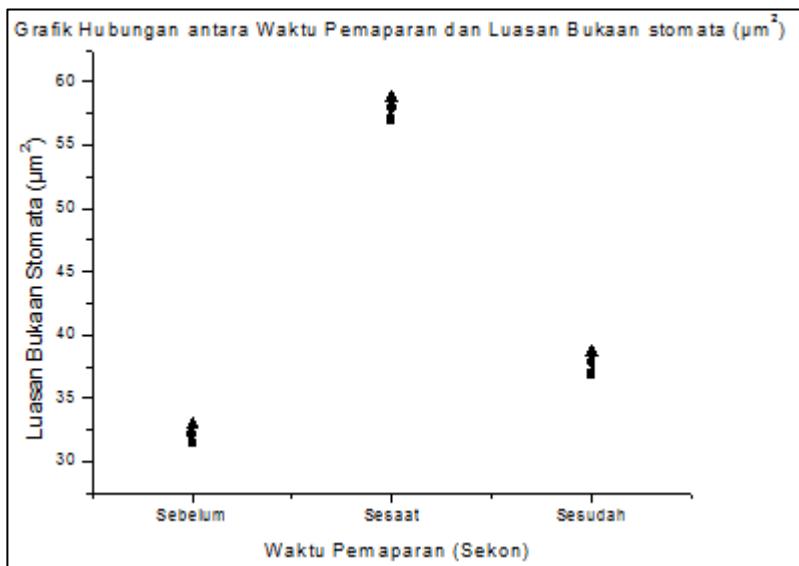
Tanaman	Perlakuan Bunyi		
	Sebelum	Sesaat	Setelah
Kontrol			
Perlakuan			

Berdasarkan Tabel 8. menunjukkan bahwa pengamatan bukaan stomata pada tanaman jagung yang diberi paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 4500 Hz dapat membuka lebih lebar dibandingkan dengan bukaan stomata pada tanpa paparan bunyi. Pengamatan bukaan stomata tersebut meliputi panjang dan lebar yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengukuran luasan bukaan stomata pada tanaman dengan frekuensi 4500 Hz dapat dilihat pada Tabel 9, sebagai berikut:

Tabel 9. Luasan bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 4500 Hz

No	Luasan bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Saat	Setelah
1	39,9	25,3	29,4
2	35,9	87,6	31,9
3	20,1	42,3	44,7
4	39,0	66,4	31,9
5	44,3	64,9	35,2
6	29,2	45,6	41,8
7	38,5	48,7	41,8
8	27,5	74,1	33,7
9	28,8	87,8	45,0
10	18,4	35,8	42,7
\bar{x}	32,2	57,9	37,8
$\bar{\Delta x}$	0,8	0,9	0,9

Berdasarkan Tabel 9. menunjukkan rata-rata luas bukaan stomata pada tanaman jagung dengan sumber bunyi garengpung frekuensi 4500 Hz, yaitu 15 menit sebelum paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Rata-rata luasan bukaan stomata 15 menit sebelum paparan bunyi sebesar $(32,2 \pm 0,8) \mu\text{m}^2$, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(57,9 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(37,8 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, kemudian rata-rata luasan bukaan stomata tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi terhadap luasan bukaan stomata (μm^2) sebagai berikut:



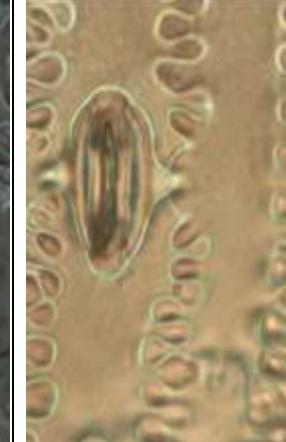
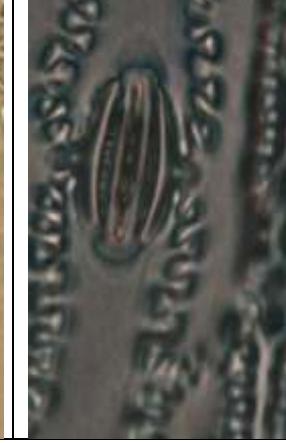
Gambar 26. Grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi dengan luasan bukaan stomata (μm^2) frekuensi 4500 Hz

Dari grafik pada Gambar 26. menunjukkan bahwa stomata daun tanaman jagung merespon saat diberikan paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 4500 Hz dengan membuka secara maksimal, sehingga luasan bukaan stomata yang dihasilkan lebih lebar dan stomata mulai mengecil kembali setelah paparan bunyi dimatikan. Luasan bukaan stomata yang dihasilkan saat diberi paparan bunyi dengan frekuensi 4500 Hz lebih lebar dibandingkan luasan bukaan stomata tanpa paparan bunyi.

- Hasil perhitungan luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan perlakuan sumber bunyi garengpung frekuensi 5000 Hz

Luasan bukaan stomata ini diamati dengan perbesaran 1000x menggunakan mikroskop cahaya, sehingga diperoleh salah satu sampel tampilan stomata pada frekuensi 5000 Hz dan dibandingkan dengan tanpa paparan bunyi dapat dilihat pada Tabel 10, sebagai berikut:

Tabel 10. Perbandingan bukaan stomata pada tanaman jagung tanpa paparan bunyi dan frekuensi 5000 Hz

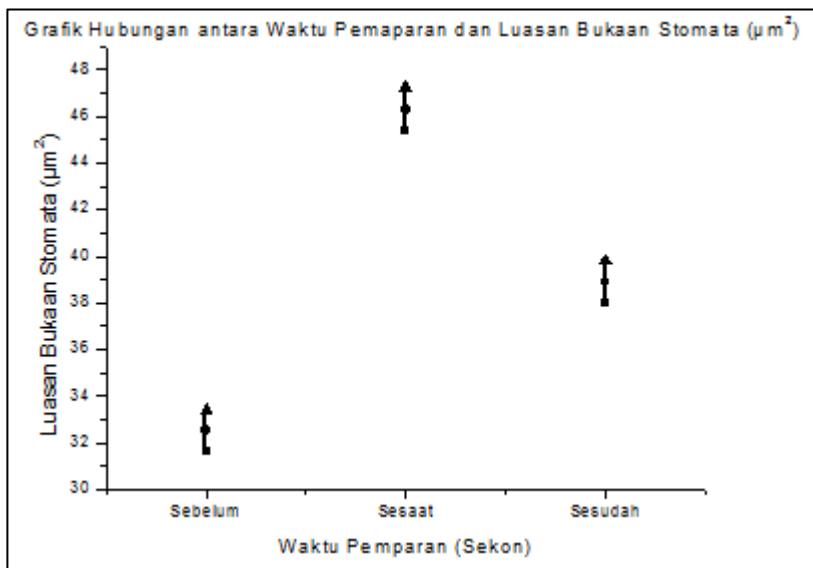
Tanaman	Perlakuan Bunyi		
	Sebelum	Sesaat	Setelah
Kontrol			
Perlakuan			

Berdasarkan Tabel 10. menunjukkan bahwa pengamatan bukaan stomata pada tanaman jagung yang diberi paparan bunyi garengpung dengan frekuensi 5000 Hz dapat membuka lebih lebar dibandingkan dengan bukaan stomata pada tanpa paparan bunyi. Pengamatan bukaan stomata tersebut meliputi panjang dan lebar yang selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil pengukuran luasan bukaan stomata pada tanaman dengan frekuensi 5000 Hz dapat dilihat pada Tabel 11, sebagai berikut:

Tabel 11. Luasan bukaan stomata tanaman jagung dengan perlakuan bunyi frekuensi 5000 Hz

No	Luas bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Saat	Setelah
1	25,7	42,8	38,8
2	40,8	36,7	15,0
3	45,8	52,1	41,9
4	42,3	43,1	43,0
5	30,1	59,9	32,5
6	33,5	60,9	34,7
7	21,8	53,2	52,1
8	27,6	67,0	48,2
9	26,3	22,1	46,2
10	30,9	24,6	37,0
\bar{x}	32,5	46,3	38,9
$\Delta\bar{x}$	0,9	0,9	0,9

Berdasarkan Tabel 11. menunjukkan rata-rata luasan bukaan stomata pada tanaman jagung dengan sumber bunyi garengpung berfrekuensi 5000 Hz, yaitu 15 menit sebelum paparan bunyi, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi. Rata-rata luasan bukaan stomata 15 menit sebelum paparan bunyi sebesar $(32,5 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, saat masih diberi paparan bunyi selama 30 menit sebesar $(46,3 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, dan 15 menit setelah diberi paparan bunyi sebesar $(38,9 \pm 0,9) \mu\text{m}^2$, kemudian rata-rata luasan bukaan stomata tersebut disajikan dalam grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi terhadap luasan bukaan stomata (μm^2) sebagai berikut:



Gambar 27. Grafik hubungan antara waktu pemaparan bunyi dengan luasan bukaan stomata (μm^2) pada frekuensi 5000 Hz

Dari grafik pada Gambar 27. menunjukkan bahwa pada stomata daun tanaman jagung merespon saat diberi paparan bunyi garengpung frekuensi 5000 Hz dengan membuka secara maksimal, sehingga luasan bukaan stomata yang dihasilkan saat diberi paparan bunyi lebih lebar dan stomata mulai mengecil kembali setelah paparan bunyi dimatikan. Luasan bukaan stomata yang dihasilkan saat diberi paparan bunyi dengan frekuensi 5000 Hz lebih lebar dibandingkan luasan bukaan stomata tanpa paparan bunyi.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan eliptis pada masing-masing frekuensi menunjukkan bahwa stomata daun tanaman jagung merespon saat diberi paparan bunyi garengpung dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz dapat terbuka secara maksimal, sehingga luas bukaan stomata yang dihasilkan lebih lebar dibandingkan tanpa paparan bunyi. Hal ini menunjukkan bahwa paparan

bunyi “garengpung” dengan variasi frekuensi antara 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz mampu merangsang stomata daun tanaman jagung membuka lebih lebar.

B. Peak Frekuensi pada Bukaan Stomata Tanaman Jagung yang paling Lebar saat diberi Paparan Bunyi

Paparan bunyi dari suara garengpung memiliki *peak* frekuensi yang bervariasi antara lain 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz telah menunjukkan bahwa paparan bunyi dari masing-masing frekuensi tersebut mampu merangsang stomata daun tanaman jagung untuk membuka lebih lebar. Variasi frekuensi tersebut digunakan untuk membandingkan besarnya hasil luasan bukaan stomata yang diperoleh dari perhitungan eliptis untuk masing-masing frekuensi. Hasil luasan bukaan stomata yang diperoleh dari perhitungan eliptis pada masing-masing frekuensi dapat dilihat pada Tabel 12, sebagai berikut:

Tabel 12. Luasan bukaan stomata pada semua frekuensi

Frekuensi	Luasan Bukaan stomata (μm^2)		
	Sebelum	Sesaat	Setelah
Tanpa perlakuan bunyi	27,0	30,7	32,6
3000 Hz	33,2	93,7	44,8
3500 Hz	32,8	46,2	34,0
4000 Hz	32,3	37,6	35,7
4500 Hz	32,2	57,9	37,8
5000 Hz	32,5	46,3	38,9

Berdasarkan Tabel 12. menunjukkan hasil rata-rata luasan bukaan stomata yang diperoleh dari perhitungan eliptis pada masing-masing

frekuensi sebelum, sesaat, dan setelah diberi paparan bunyi. Hasil luasan bukaan stomata saat diberi paparan bunyi lebih lebar dibandingkan tanpa paparan bunyi. Luasan bukaan stomata yang paling lebar pada frekuensi 3000 Hz sebesar $(93,7 \pm 1,2) \mu\text{m}^2$ dibandingkan dengan frekuensi yang lain, hal ini menunjukkan pada frekuensi tersebut sangat baik digunakan dalam pemparan bunyi terhadap tanaman jagung.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Paparan bunyi dengan variasi frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz mampu merangsang stomata pada daun tanaman jagung untuk membuka lebih lebar. Hal ini ditunjukkan besarnya luasan bukaan stomata dari hasil perhitungan eliptis pada frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz saat diberi paparan bunyi lebih lebar dibandingkan tanpa paparan bunyi.
2. Besarnya luasan bukaan stomata yang diperoleh dari perhitungan eliptis pada masing-masing frekuensi menunjukkan bahwa luasan bukaan stomata saat diberikan paparan bunyi dapat membuka lebih lebar dibandingkan sebelum diberi paparan bunyi dan setelah diberi paparan bunyi. Luasan bukaan stomata yang paling lebar pada *peak* frekuensi 3000 Hz sebesar $(93,7 \pm 1,2) \mu\text{m}^2$ dibandingkan dengan frekuensi yang lain, hal ini menunjukkan pada frekuensi tersebut sangat baik digunakan dalam pemparan bunyi terhadap tanaman jagung.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan masih terdapat masalah-masalah yang dapat dikaji lebih dalam untuk penelitian selanjutnya. Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh bunyi “garengpung” dengan variasi frekuensi 3000 Hz, 3500 Hz, 4000 Hz, 4500 Hz, dan 5000 Hz terhadap tanaman lain untuk mengetahui luas bukaan stomatanya, misalnya tanaman sayur dan tanaman obat.
2. Dibutuhkan alat yang mampu merekam stomata secara langsung ke mulut daun untuk membuktikan secara nyata bahwa stomata benar-benar membuka karena pengaruh paparan bunyi.

DAFTAR PUSTAKA

- Affifudin, D. 2004. *Stomata Biosintesis, Mekanisme Kerja dan Peranannya dalam Metabolisme*. Sumatera Utara: Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Ariskwati, Reni. 2018. Pengaruh Paparan Bunyi Garengpung (*Dundubia manifera*) termanipulasi *peak* frekuensi ($3,50\pm0,05$) 10^3 Hz terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman jagung (*Zea mays L.*). Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Ishaq, Mohamad. 2007. *Fisika Dasar (Edisi 2)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jati, Bambang Murdaka Eka dan Tri Kuntoro Priyambodo. 2013. *Fisika Dasar Edisi 2 untuk Mahasiswa Ilmu-Ilmu Eksakta, Teknik dan Kedokteran*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- Badan Pusat Statistik. 2017.
- Kadarisman, Nur.,dkk. 2011. *Peningkatan laju pertumbuhan dan produktivitas tanaman kentang (*Solanum Tuberosum L.*).melalui pekifasi variable fisis gelombang akustik pada pemumukan daun (melalui perlakuan variasi peak frekuensi)*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA .Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.
- Kartasaputra, A. G. 1998. *Pengantar Anatomi Tumbuh-tumbuhan*. Jakarta: Bina Aksara. Hal : 144 – 149.
- Lakitan , B. 1993. *Dasar- dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada. Hal : 58 – 60.
- Mediastika, Christina E. 2005. *Akustika Bangunan: Prinsip-Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Jakarta: Erlangga.
- Mugnisjah, dkk. 1995. *Produksi Benih*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ningsih, Suprianty. 2007. *Pengaruh Frekuensi Akustik Suara Serangga “kinjengtangis (dundubia sp) terhadap lebar bukaan stomata daun dan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kentang (*Solanum Tuberosum L*) Di Kecitraan, Desa Ketundan, Kecamatan Pakis, Kabupaten Magelang*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan FMIPA UNY.
- Pandey, S. N. Dan B. K. Sinha. 1983. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Diterjemahkan oleh Agustinus Ngatijo. Yogyakarta. Hal : 92 – 98.
- Prahasta A., 2009. *Agribisnis Jagung*. Bandung: Pustaka grafika.

- Salibury, F.B. dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Diterjemahkan oleh Endang R. Lukman dan Sumaryono. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Salibury, F.B. dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Diterjemahkan oleh Endang R. Lukman dan Sumaryono. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tapari, Hantoro. 2009. *Sonic Bloom Teknologi Pemupukan bersama Getaran Suara, Hasil Aplikasi Tanaman Pangan 2003 – 2008 dan Kendala Pengembangan*. Semarang: Badan Koordinasi Penyuluhan Pertanian Provinsi Jawa Tengah.
- Tipler. 1998. *Fisika Untuk sains dan Teknik Jilid 1 Edisi ketiga*. Jakarta: Erlangga
- Warisno. 1998. *Seri Budi Daya Jagung Hibrida*. Yogyakarta: Kanisius.
- Yannick Van Doorne. *The Effect of Variable Sound Frequencies on Plant Growth and Development*. Diakses pada laman <https://ecosonic.htm> pada tanggal 15 April 2018.
- Yulianto. 2008. *Penerapan Sonic Bloom dan Pupuk Organik Untuk Peningkatan Produksi Bawang Merah (Studi Kasus Bawang Merah di Brebes, Jawa Tengah)*. Jurnal Agroland hal 48-155. Diakses pada 13 April 2018.

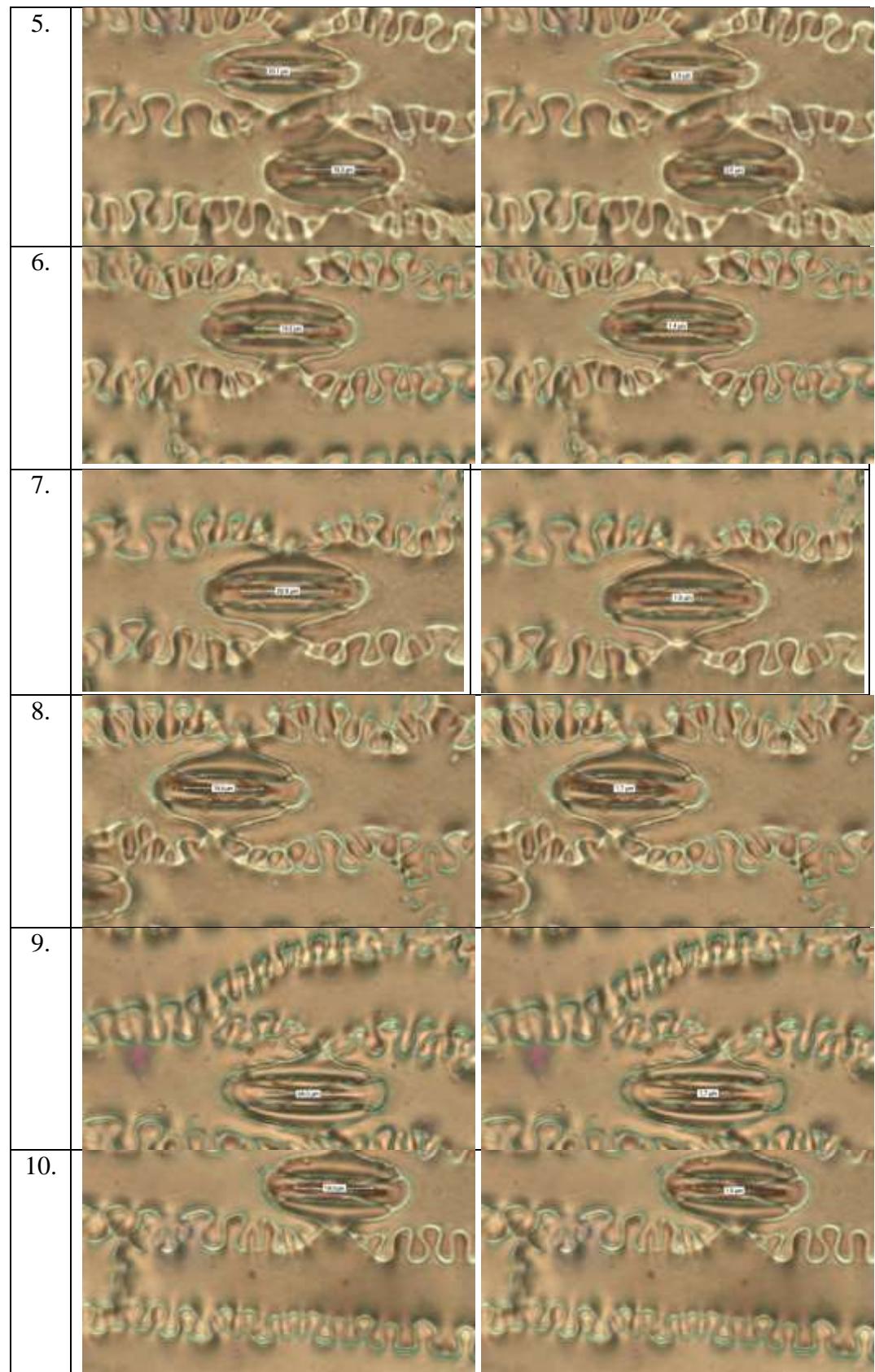
LAMPIRAN I

LUAS BUKAAN STOMATA

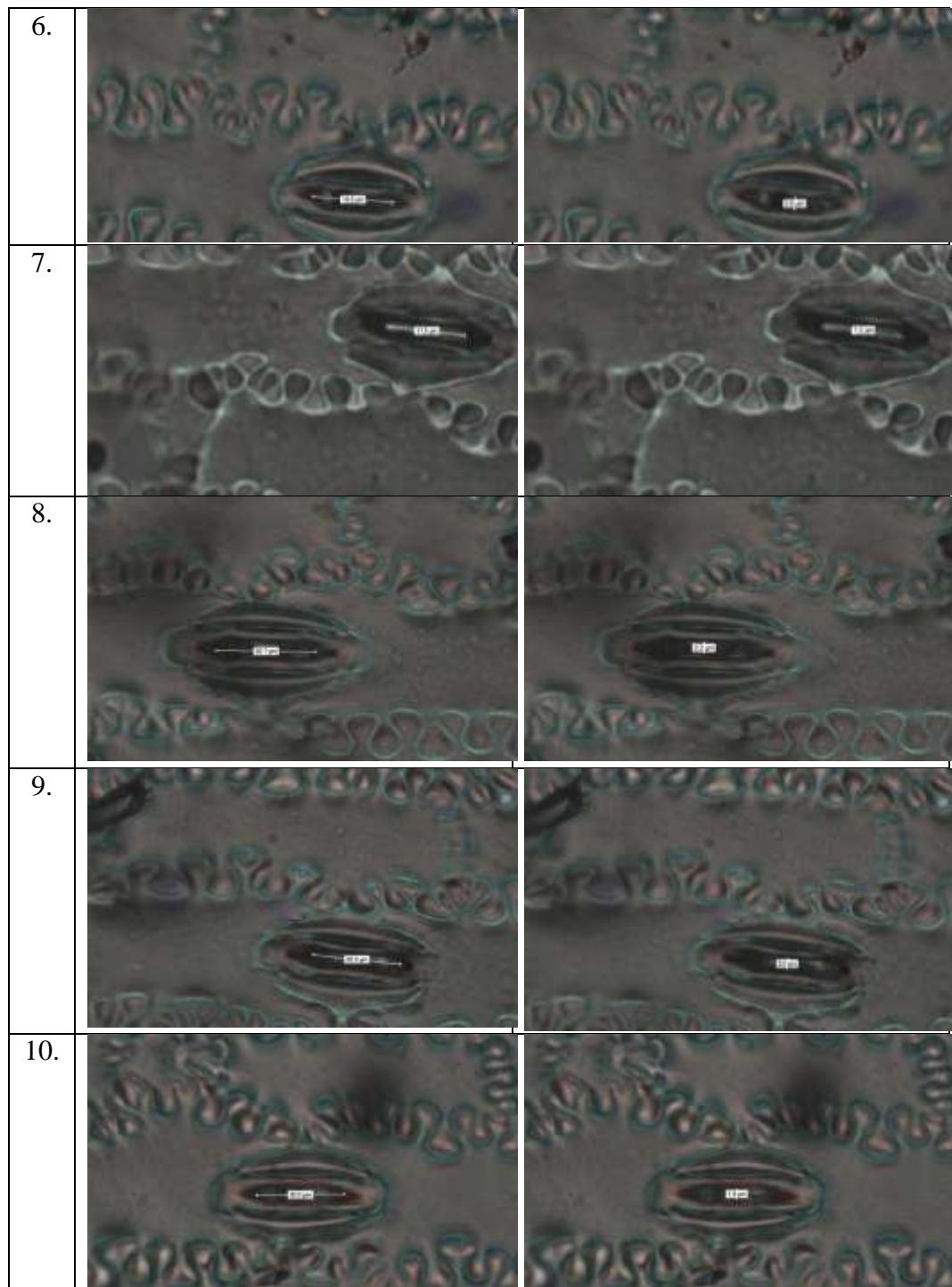
A. Gambar pengukuran bukaan stomata

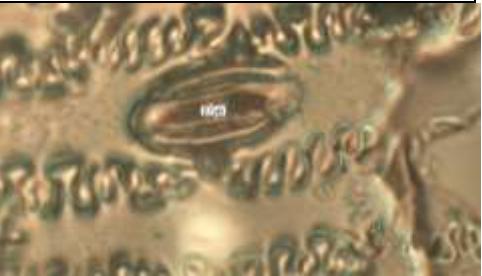
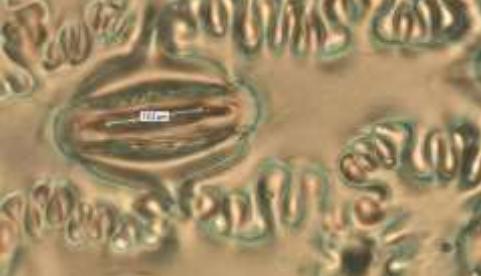
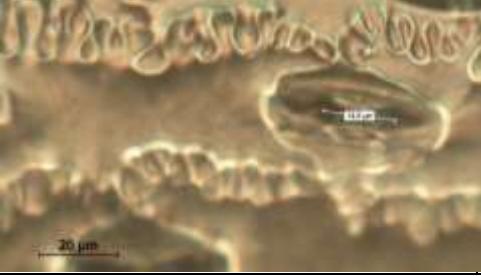
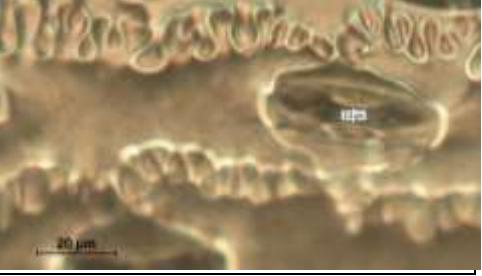
1. Gambar pengukuran bukaan stomata dengan perbesaran 1000x pada tanaman tanpa perlakuan bunyi

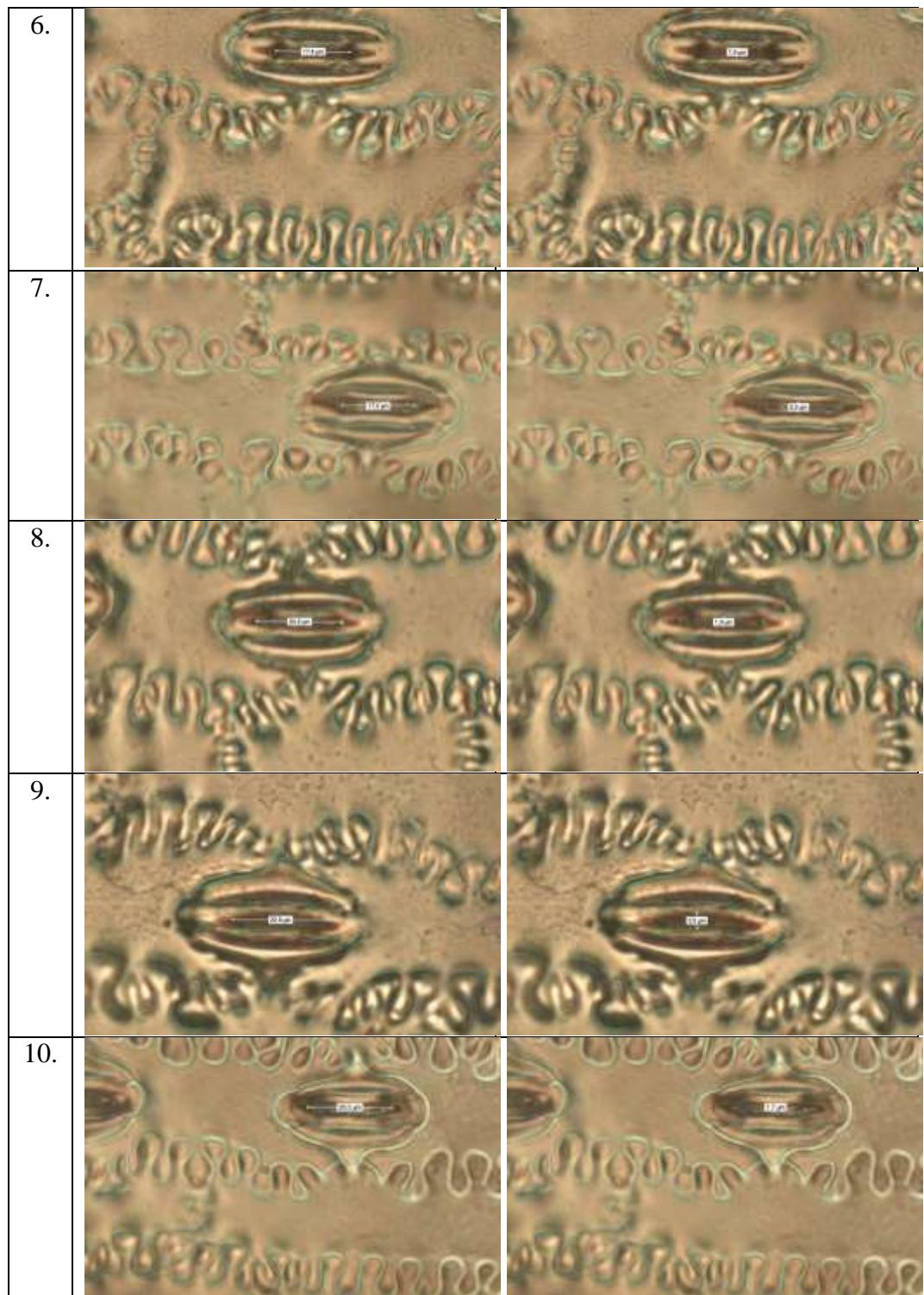
No .	Bukaan Stomata	
	15 menit sebelum diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		



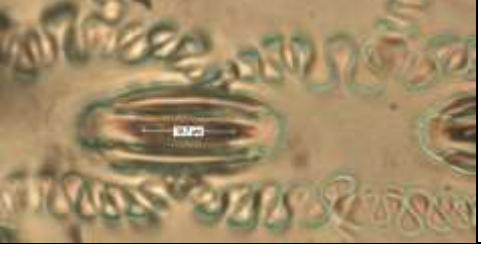
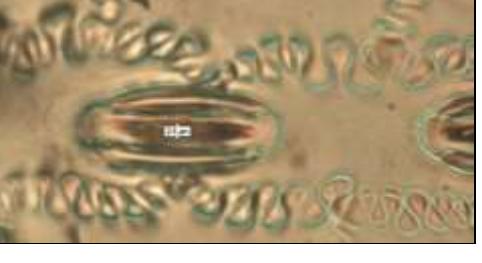
No .	Bukaan Stomata	
	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

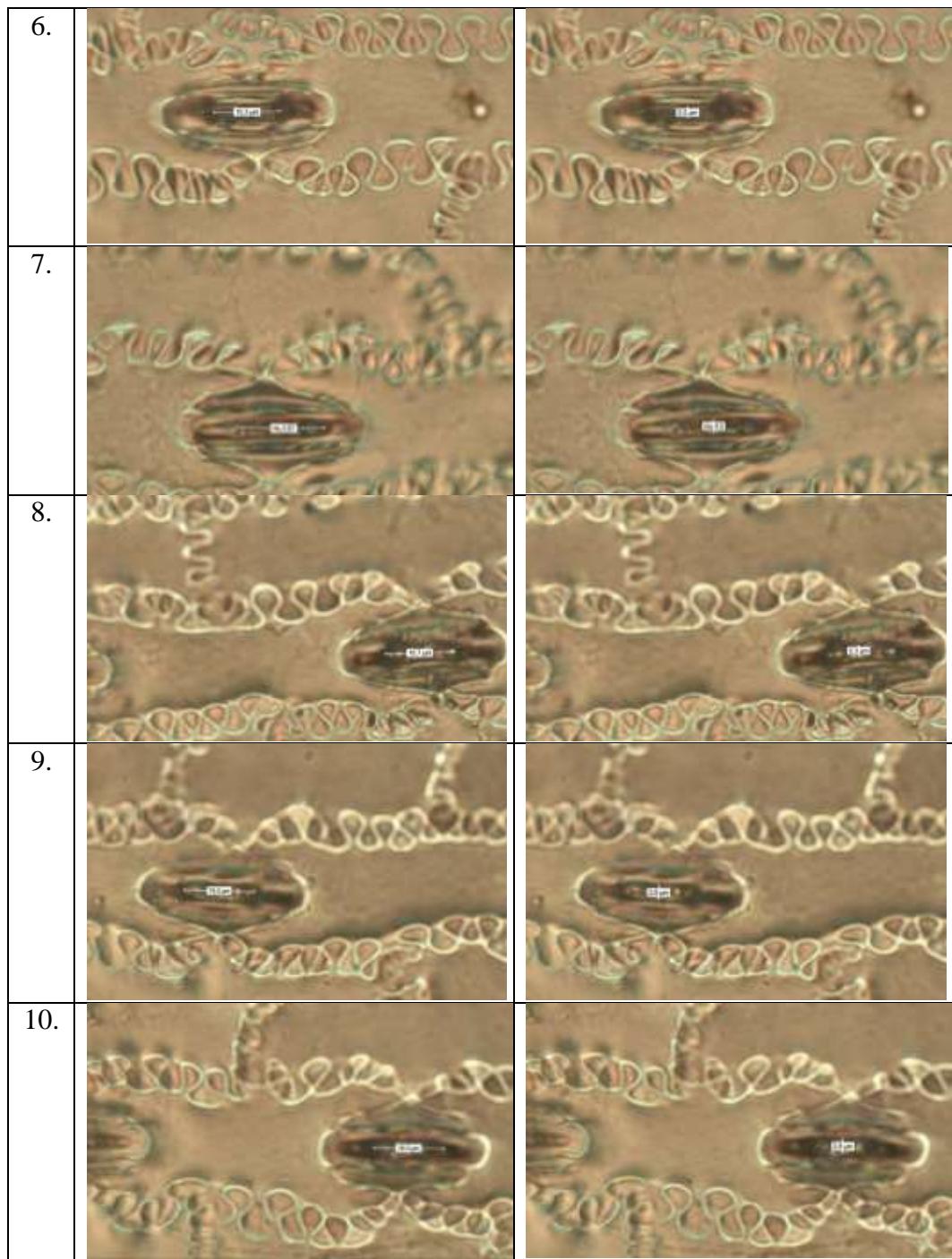


No .	Bukaan Stomata	
	15 menit setelah diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

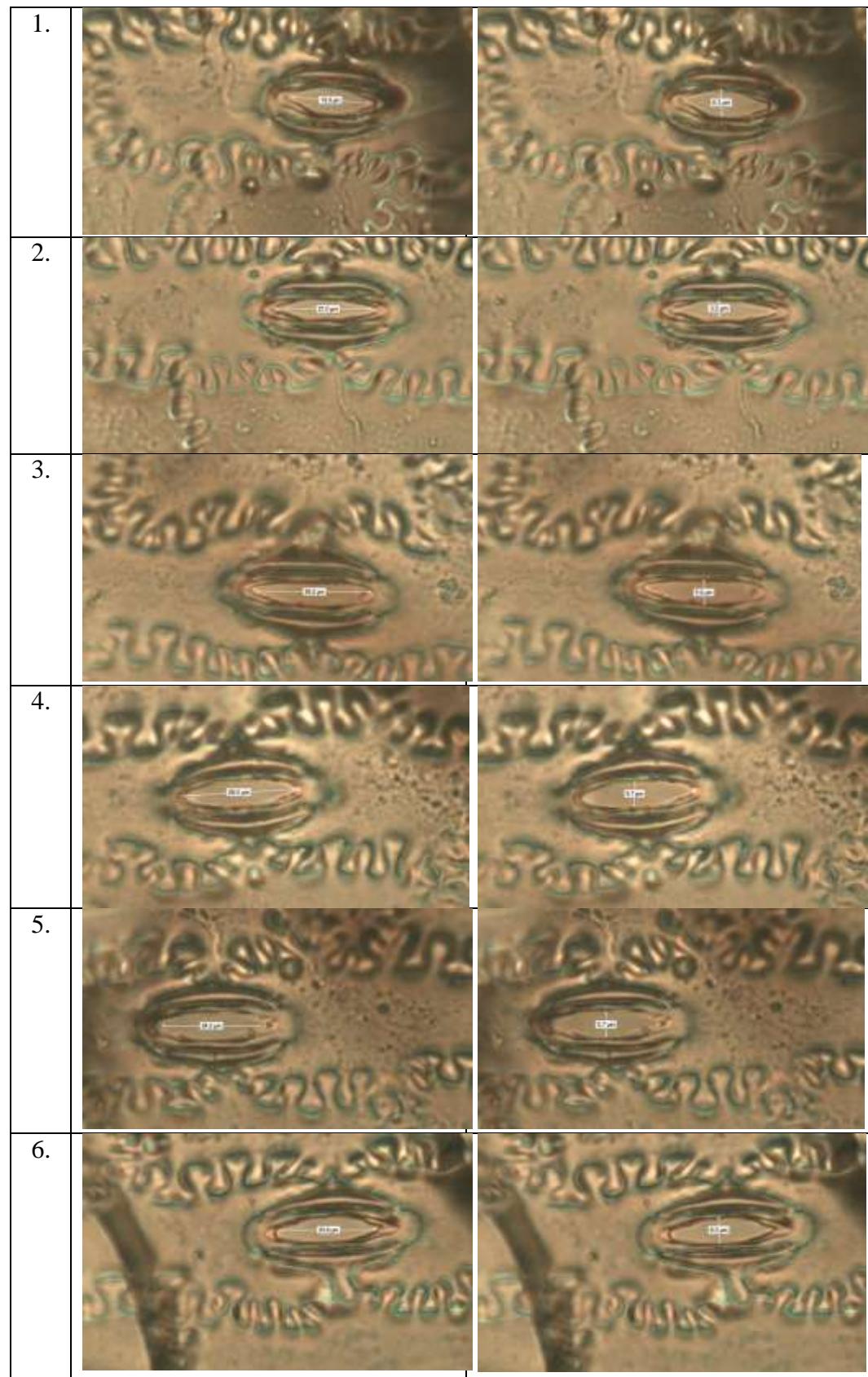


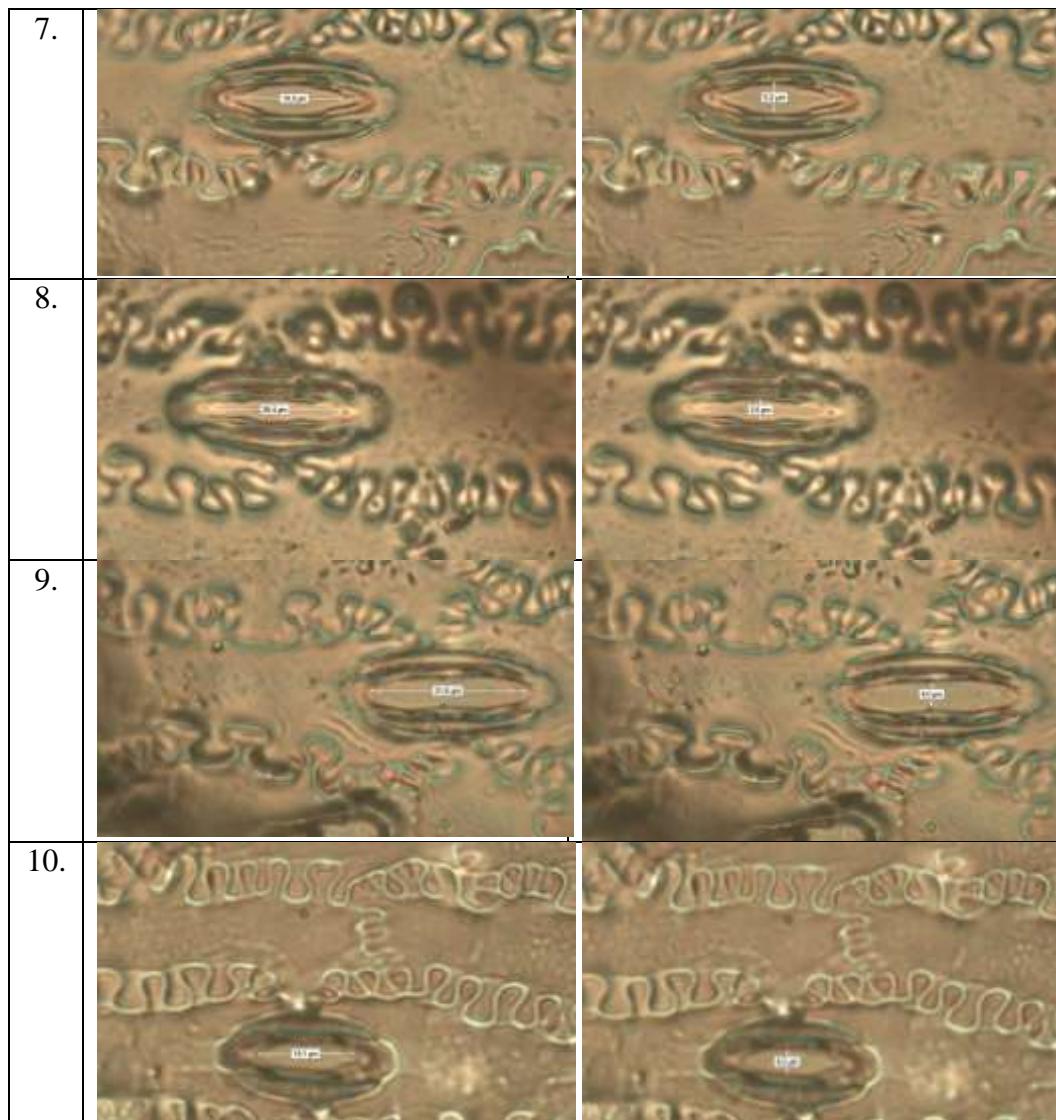
2. Gambar pengukuran bukaan stomata dengan perbesaran 1000x pada frekuensi 3000 Hz

No	Bukaan Stomata	
	15 menit sebelum diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

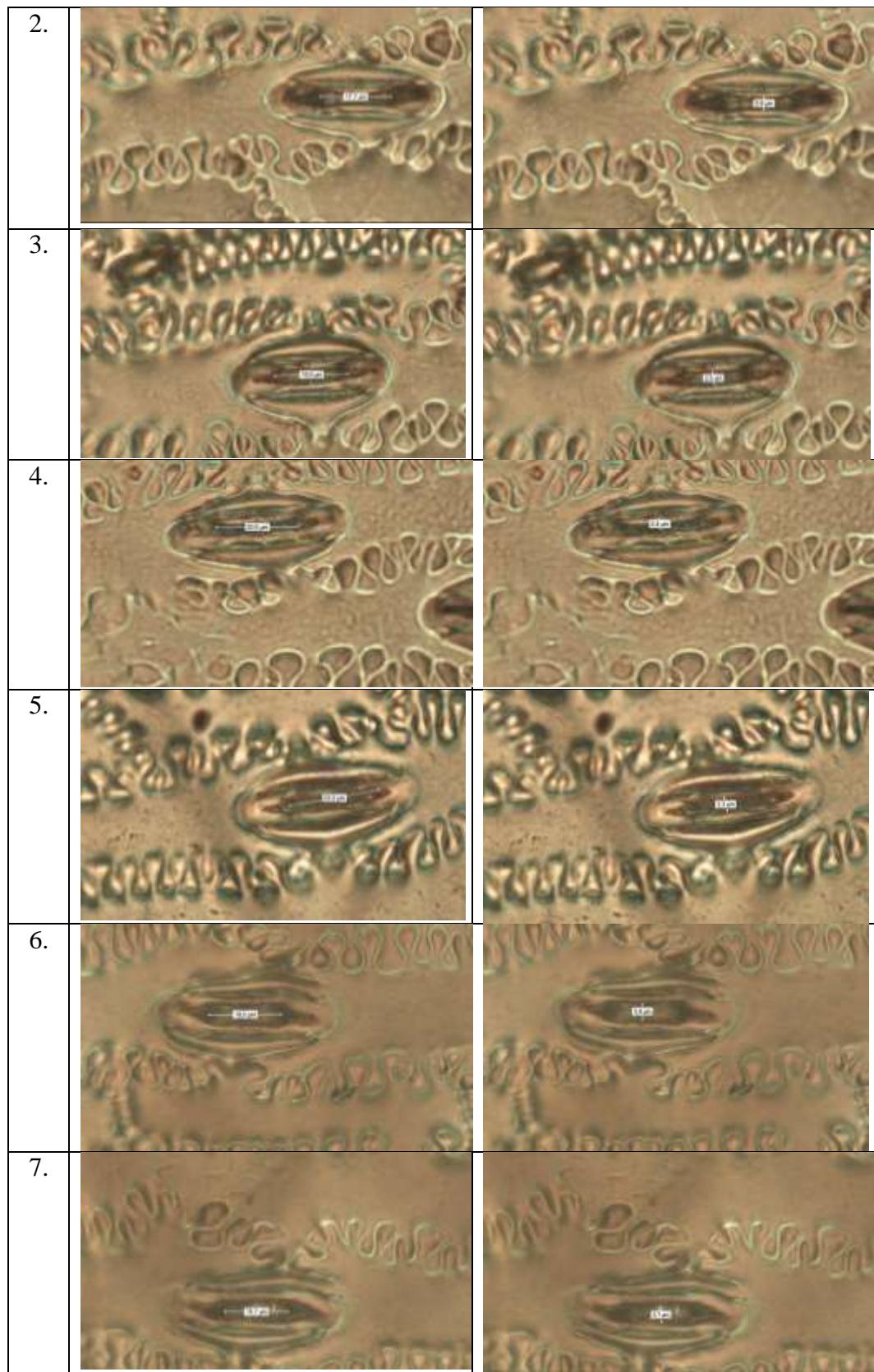


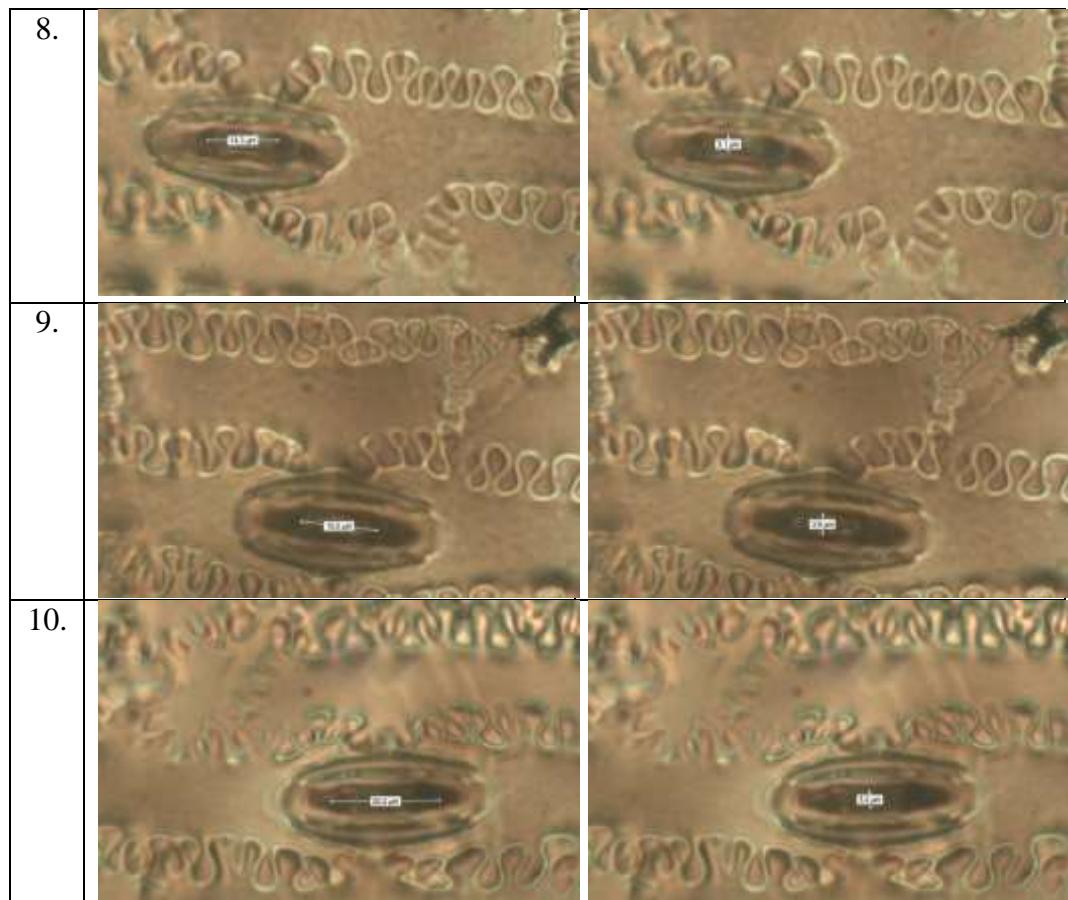
No	Bukaan Stomata	
	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit	
	Panjang	Lebar





No	Bukaan Stomata	
	15 menit setelah diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		

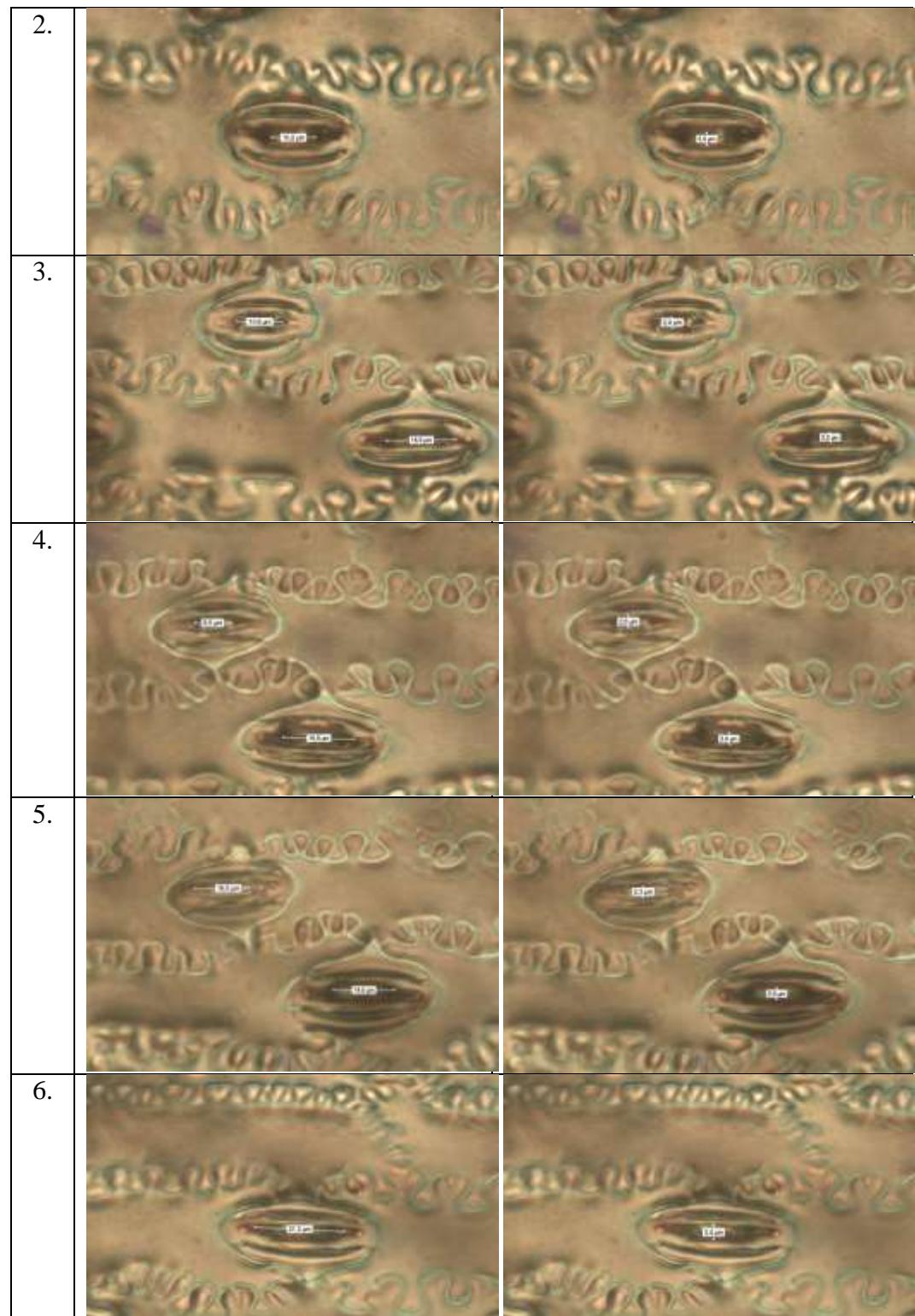


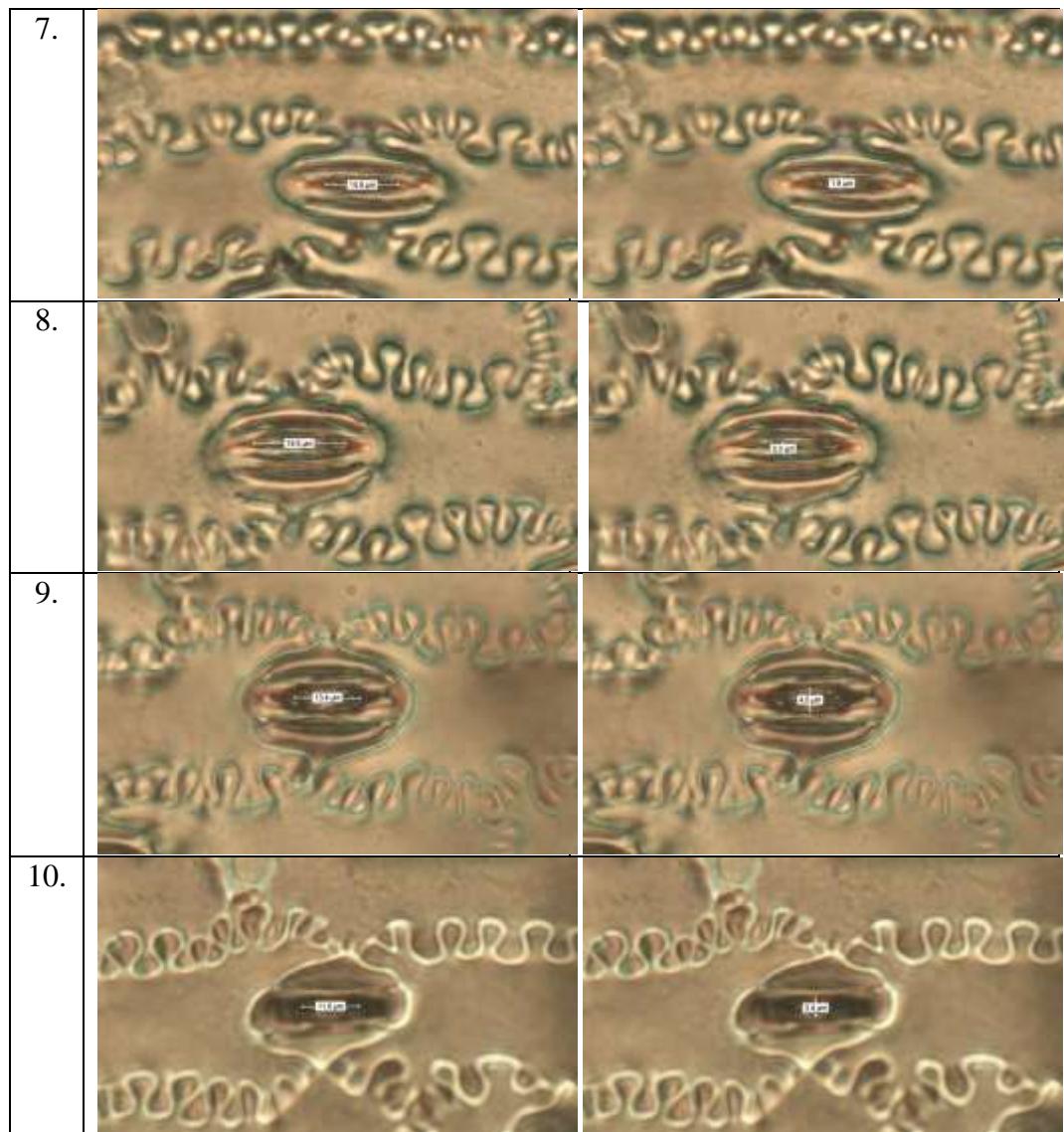


3. Gambar pengukuran bukaan stomata dengan perbesaran 1000x pada

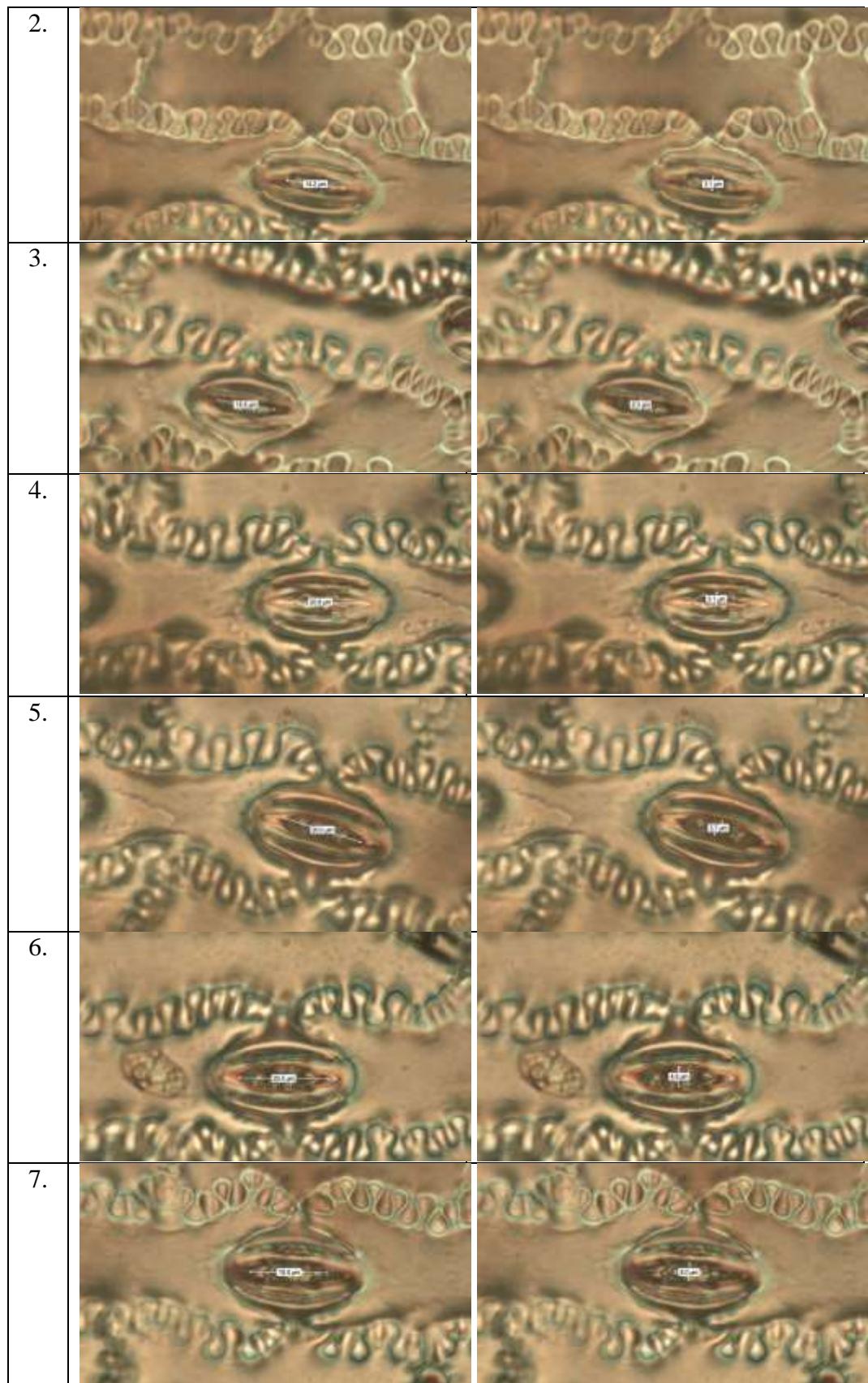
frekuensi 3500 Hz

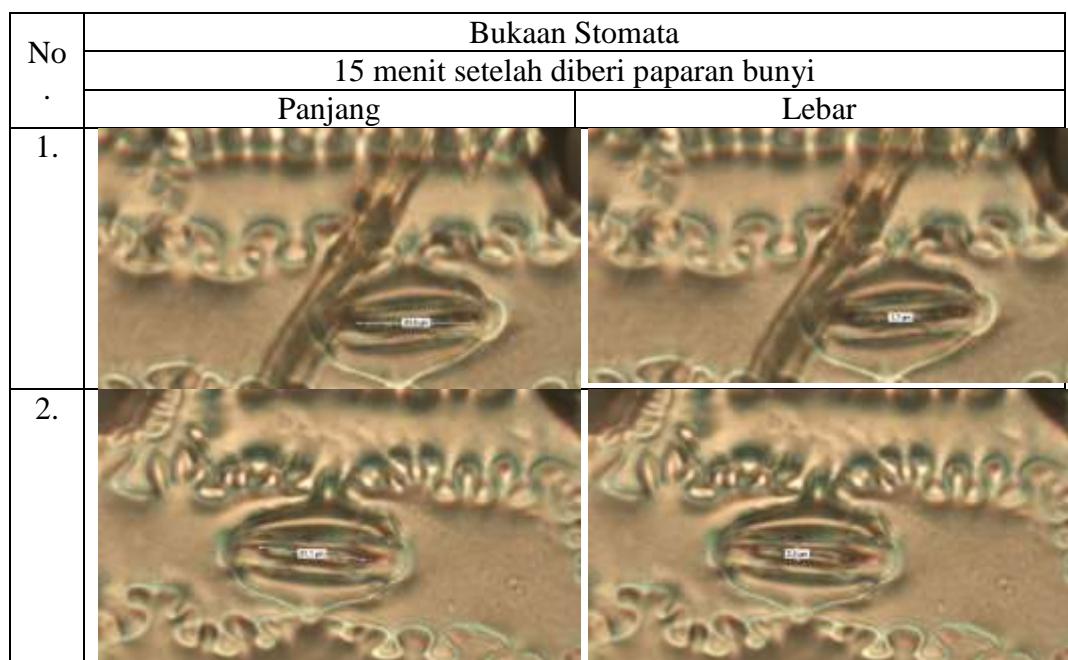
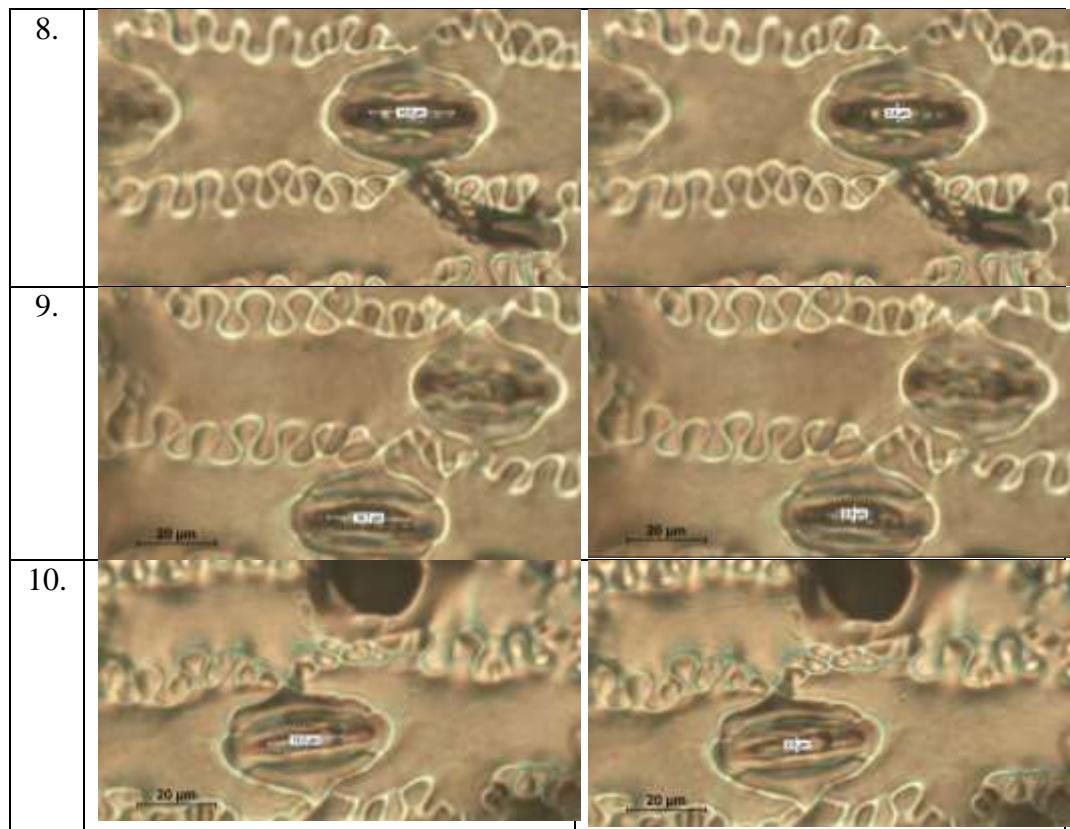
No	Bukaan Stomata	
	15 menit sebelum diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		

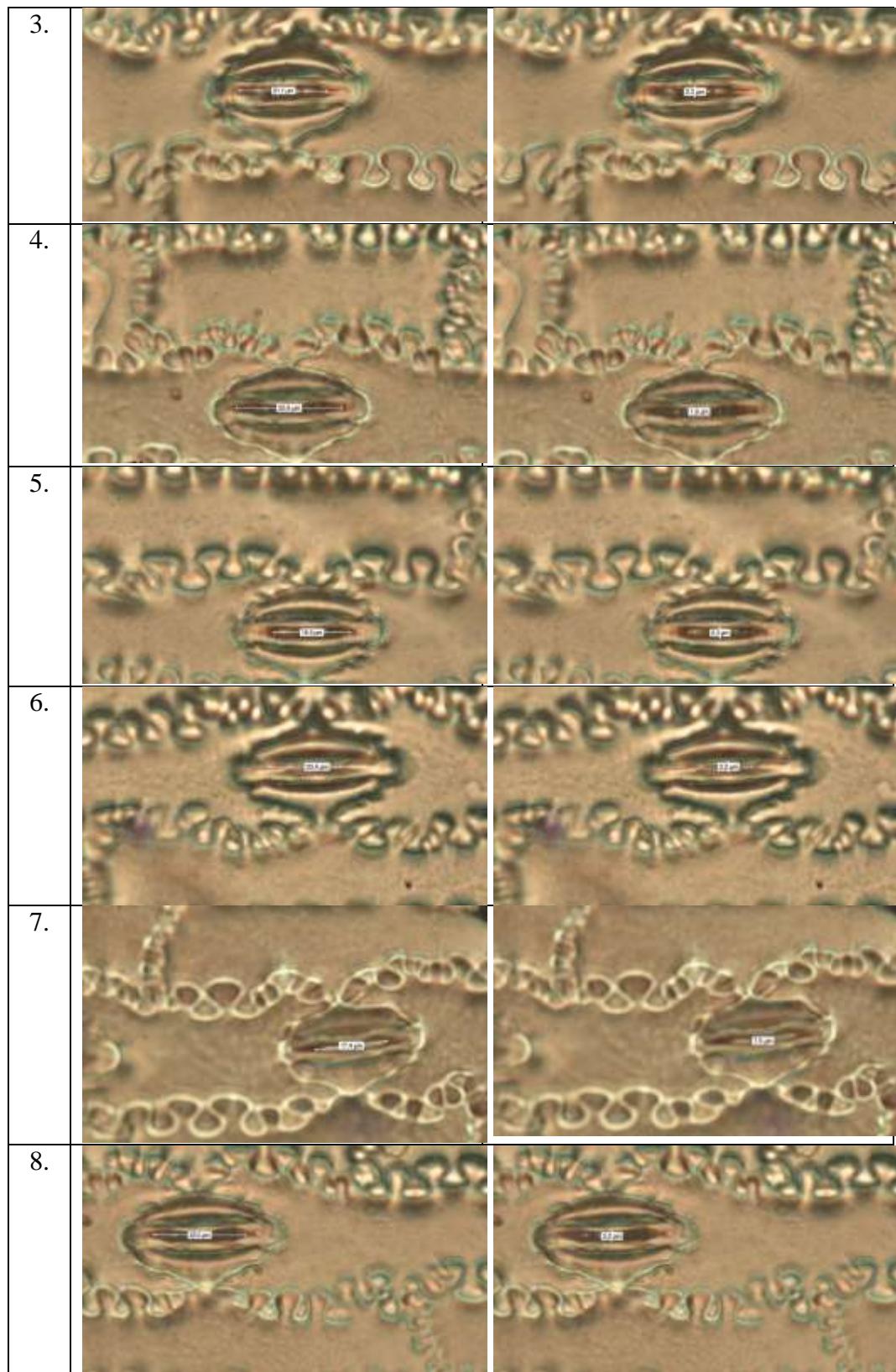


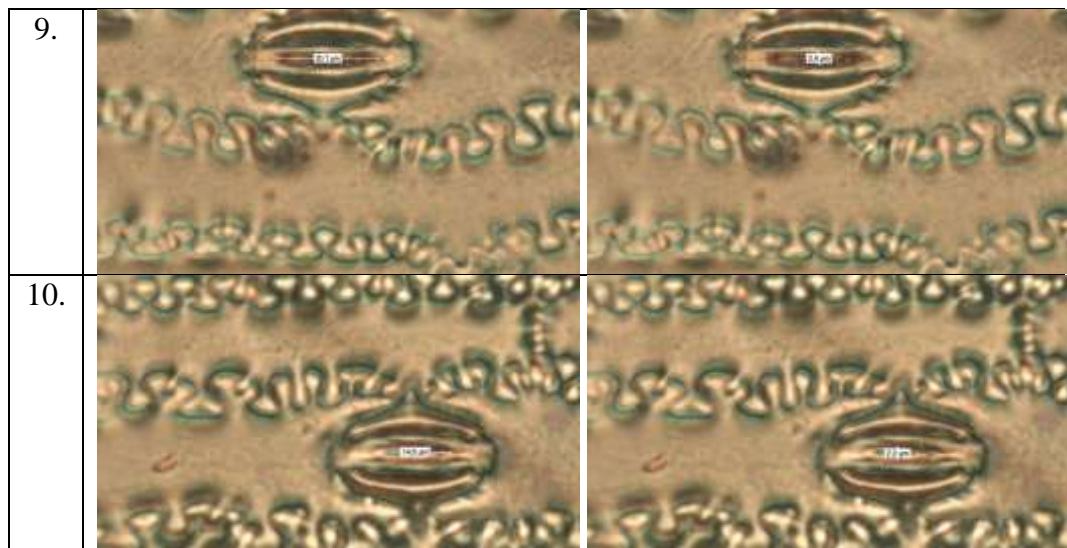


No	Bukaan Stomata	
	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit	
	Panjang	Lebar
1.		



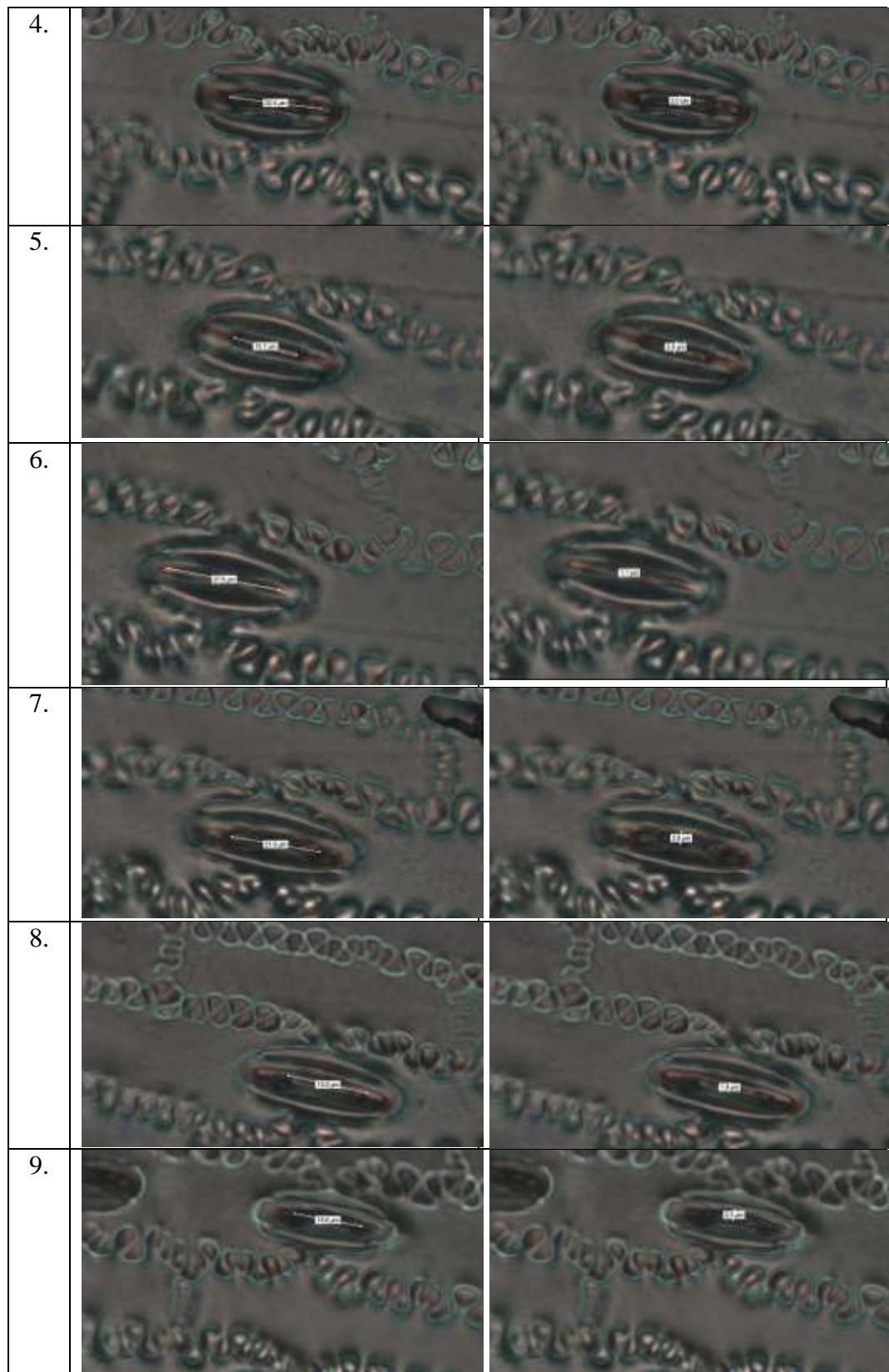


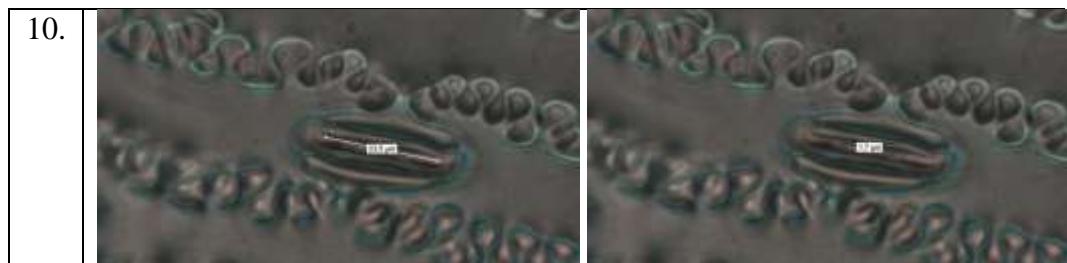




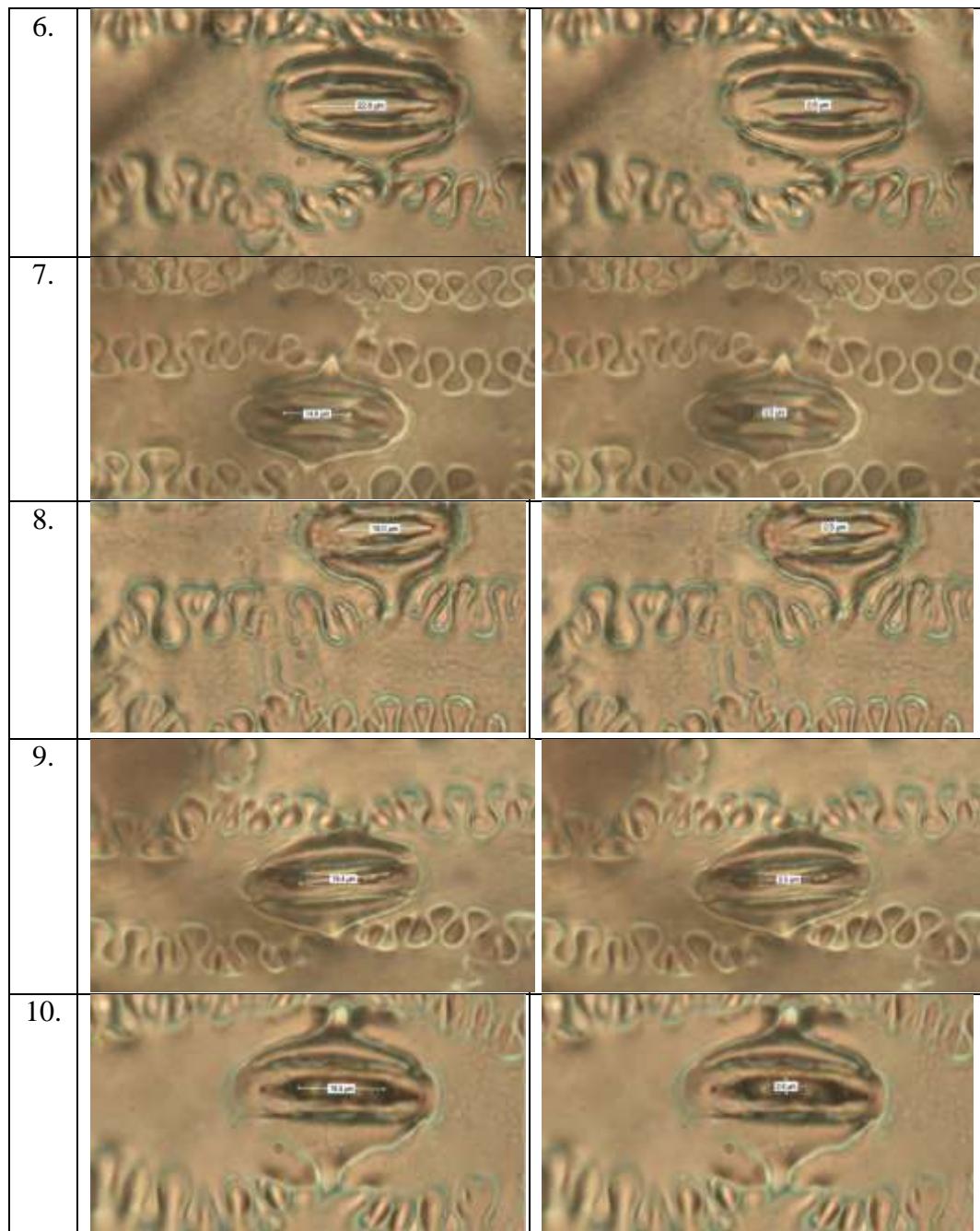
4. Gambar pengukuran bukaan stomata dengan perbesaran 1000x pada frekuensi 4000 Hz

No .	Bukaan Stomata	
	15 menit sebelum diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		

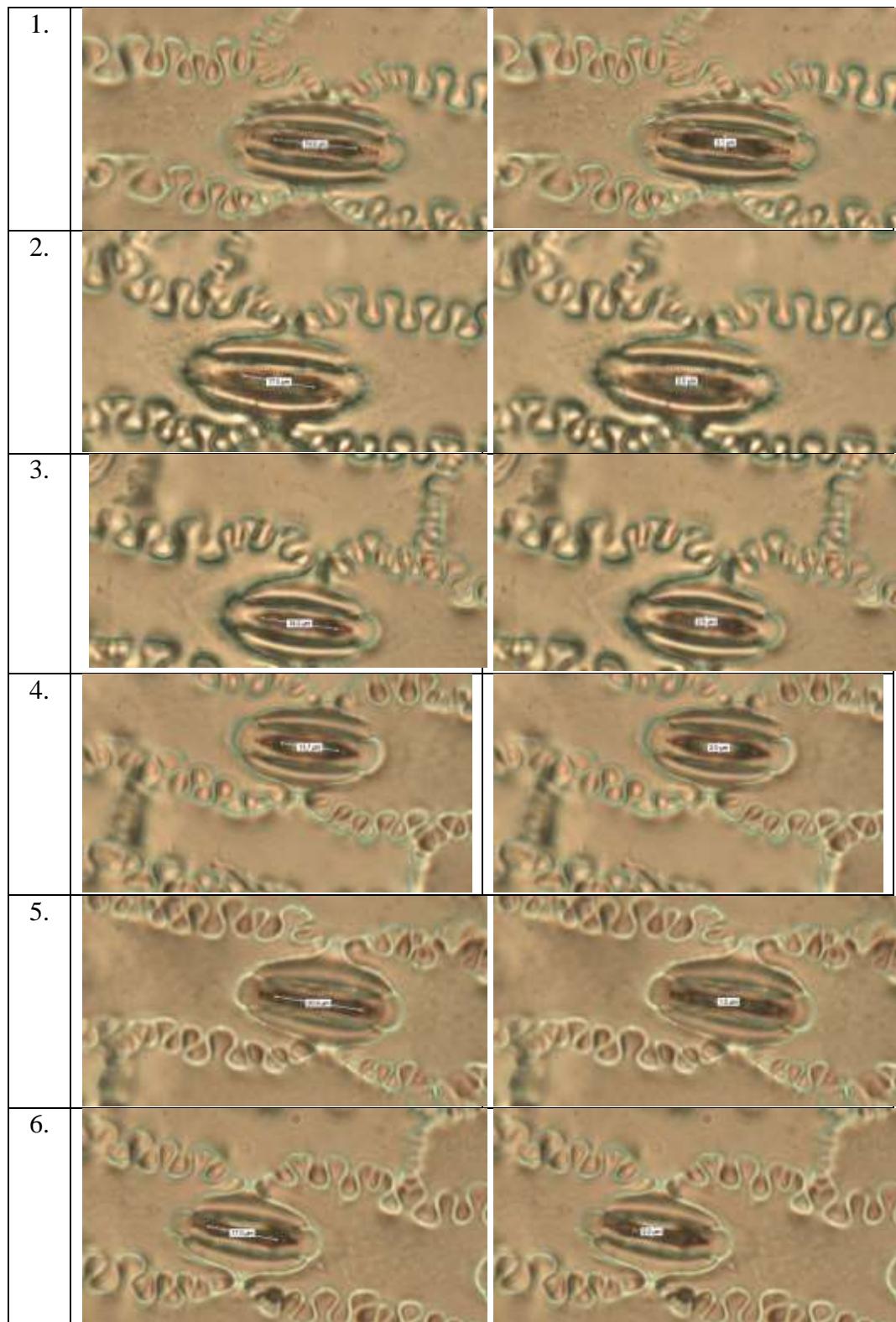


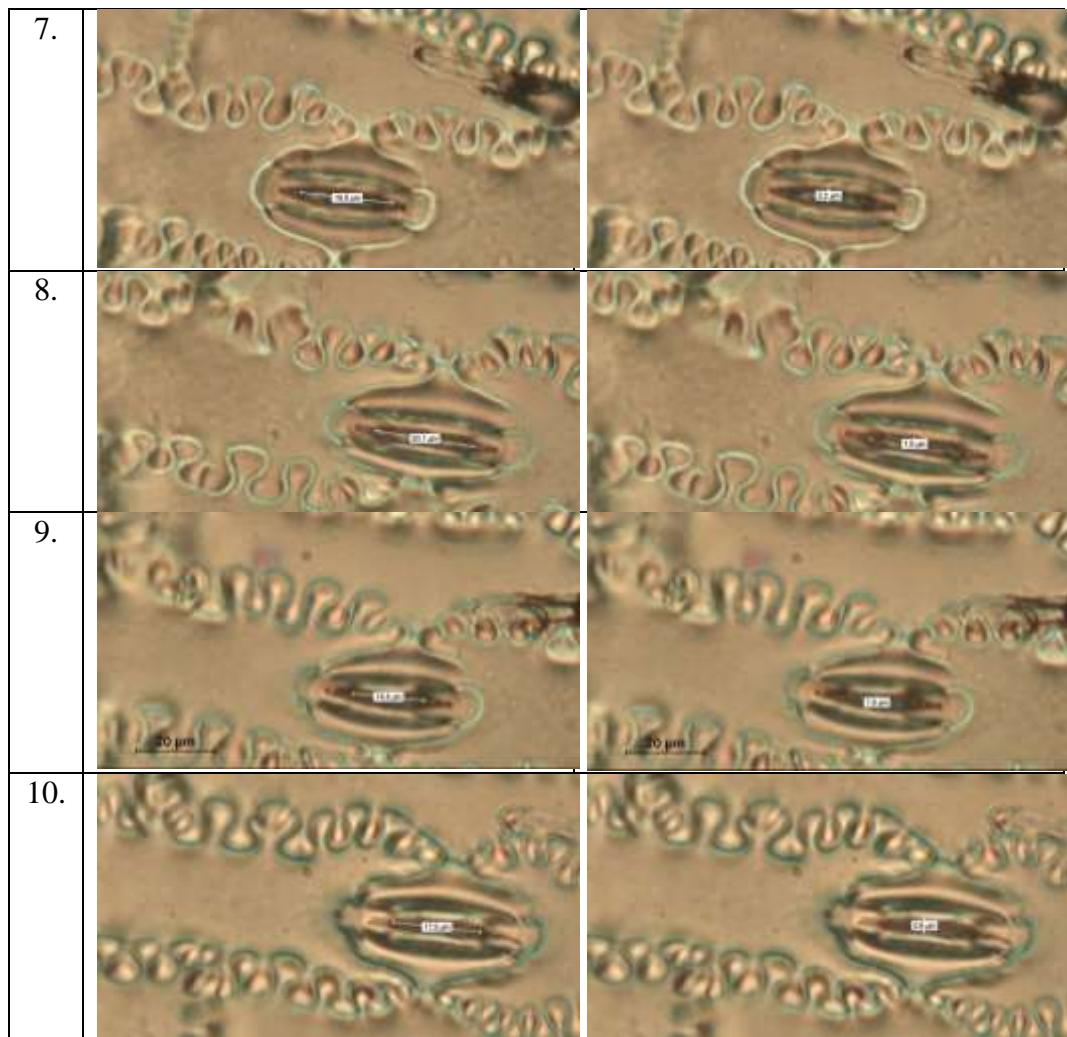


No .	Bukaan Stomata	
	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



No .	Bukaan Stomata	
	15 menit setelah diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar

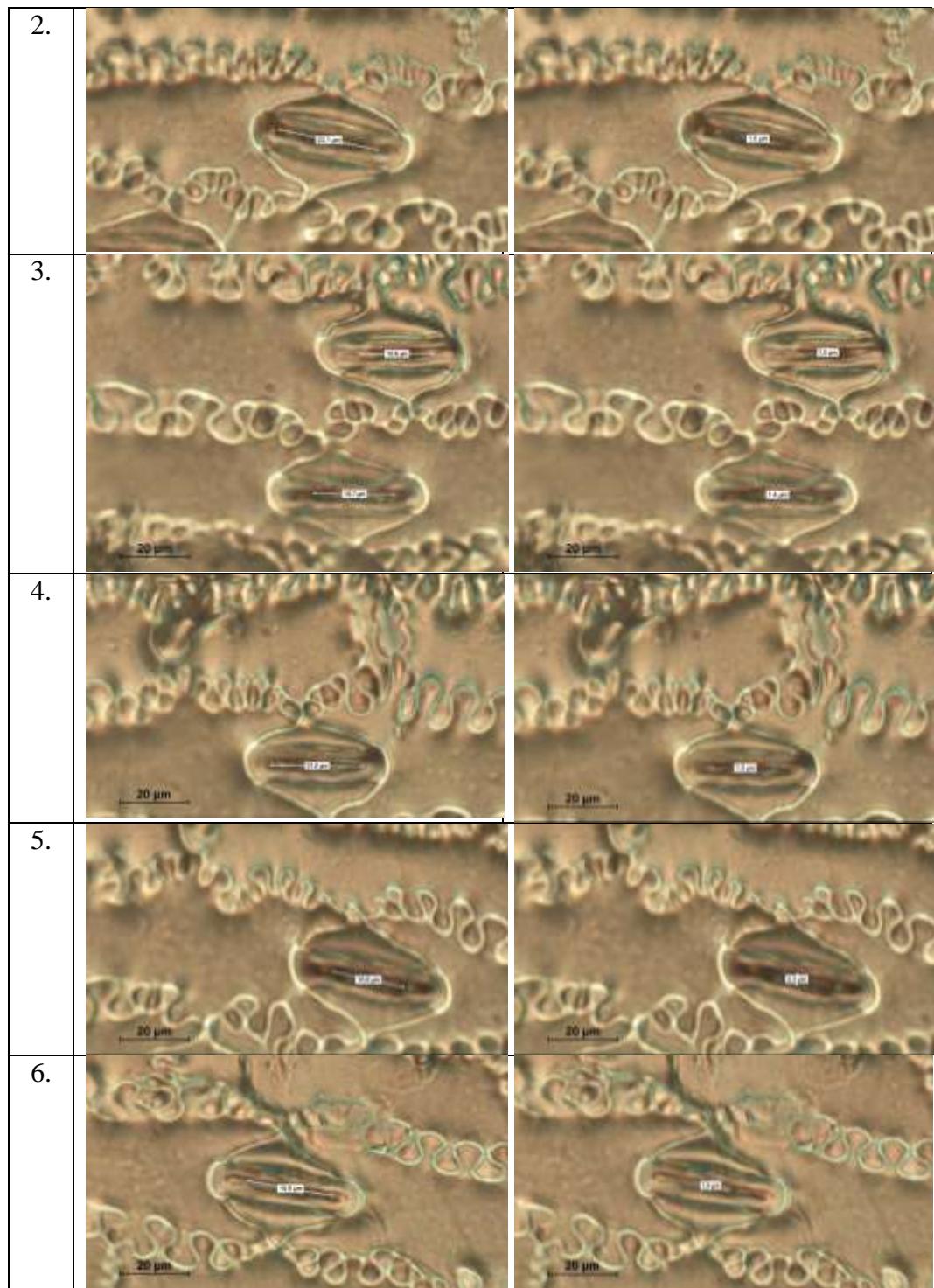


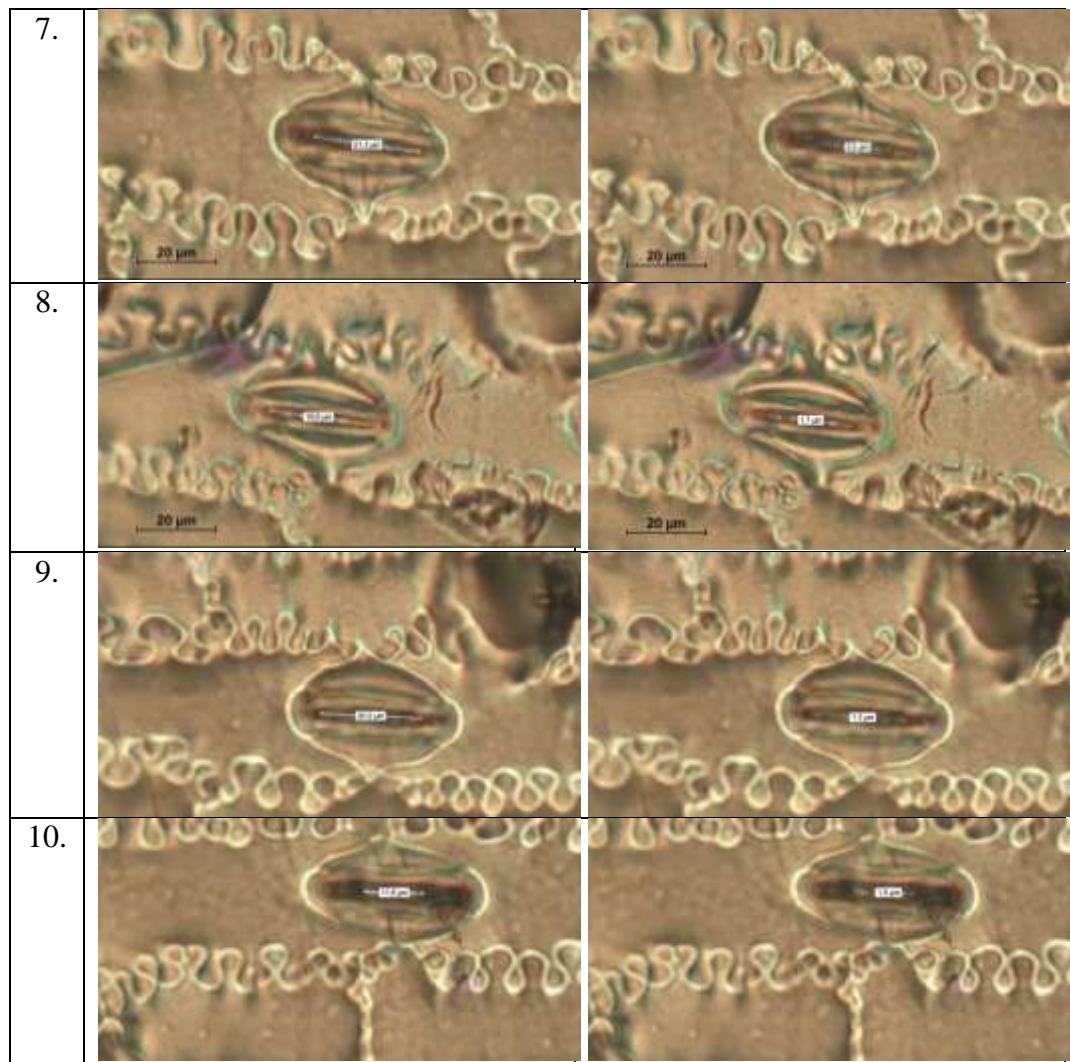


5. Gambar pengukuran bukaan stomata dengan perbesaran 1000x pada

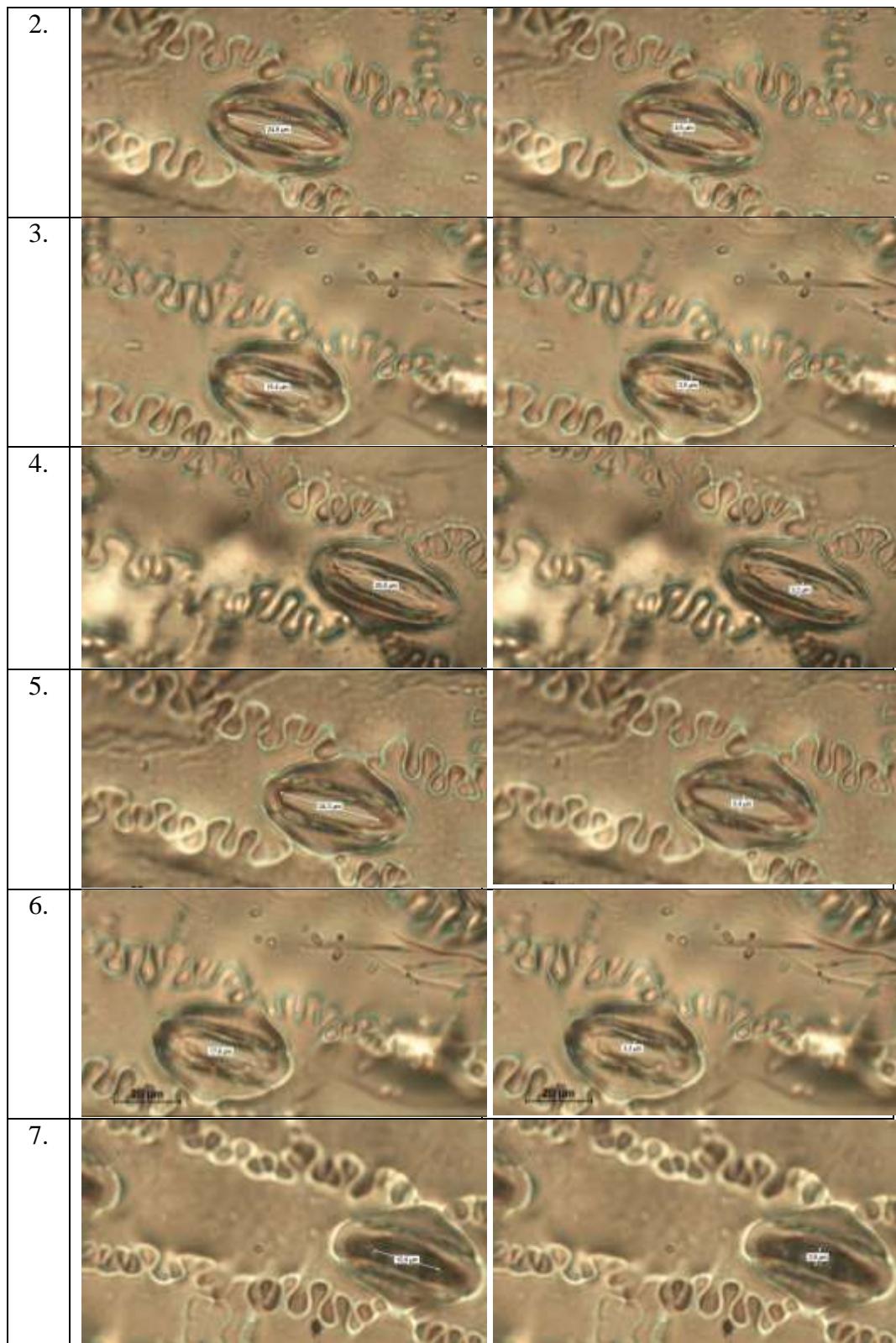
frekuensi 4500 Hz

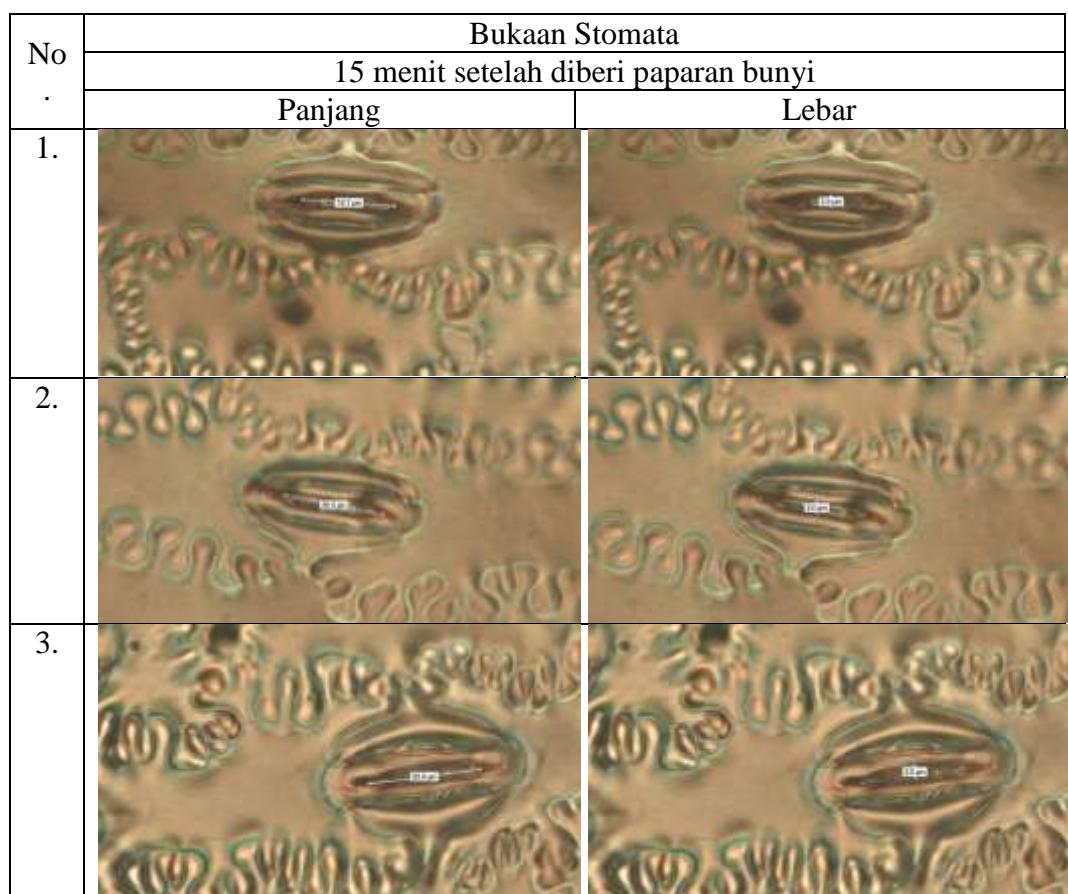
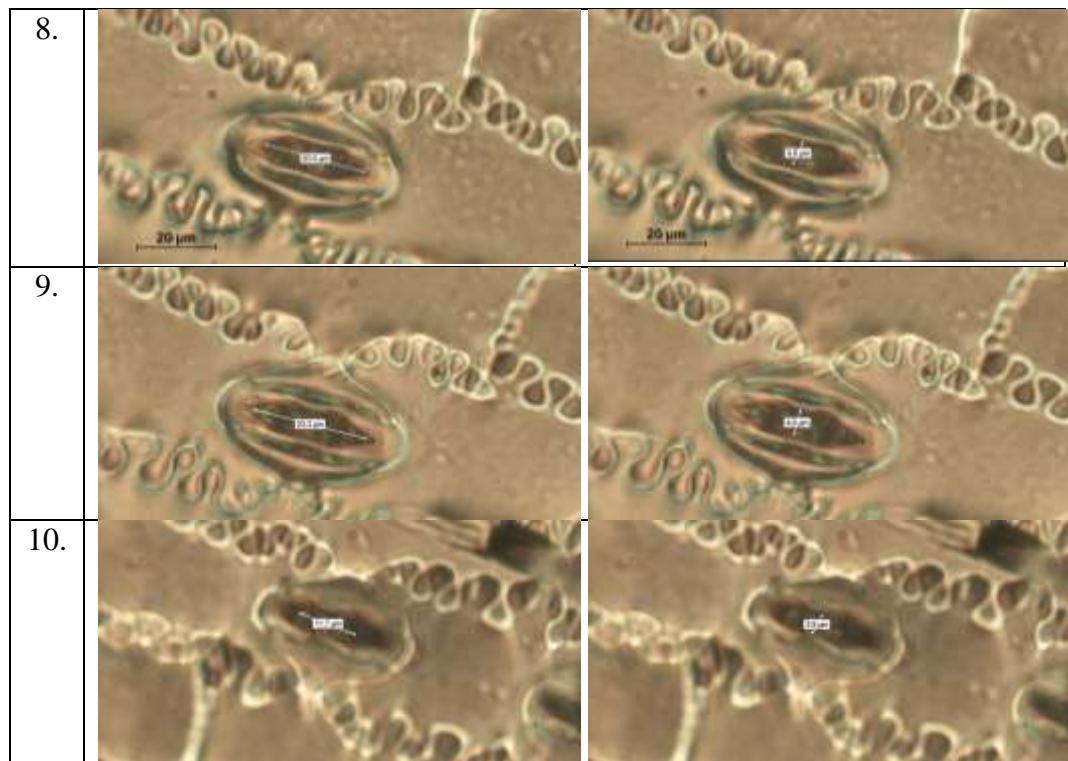
No	Bukaan Stomata	
	15 menit sebelum diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		

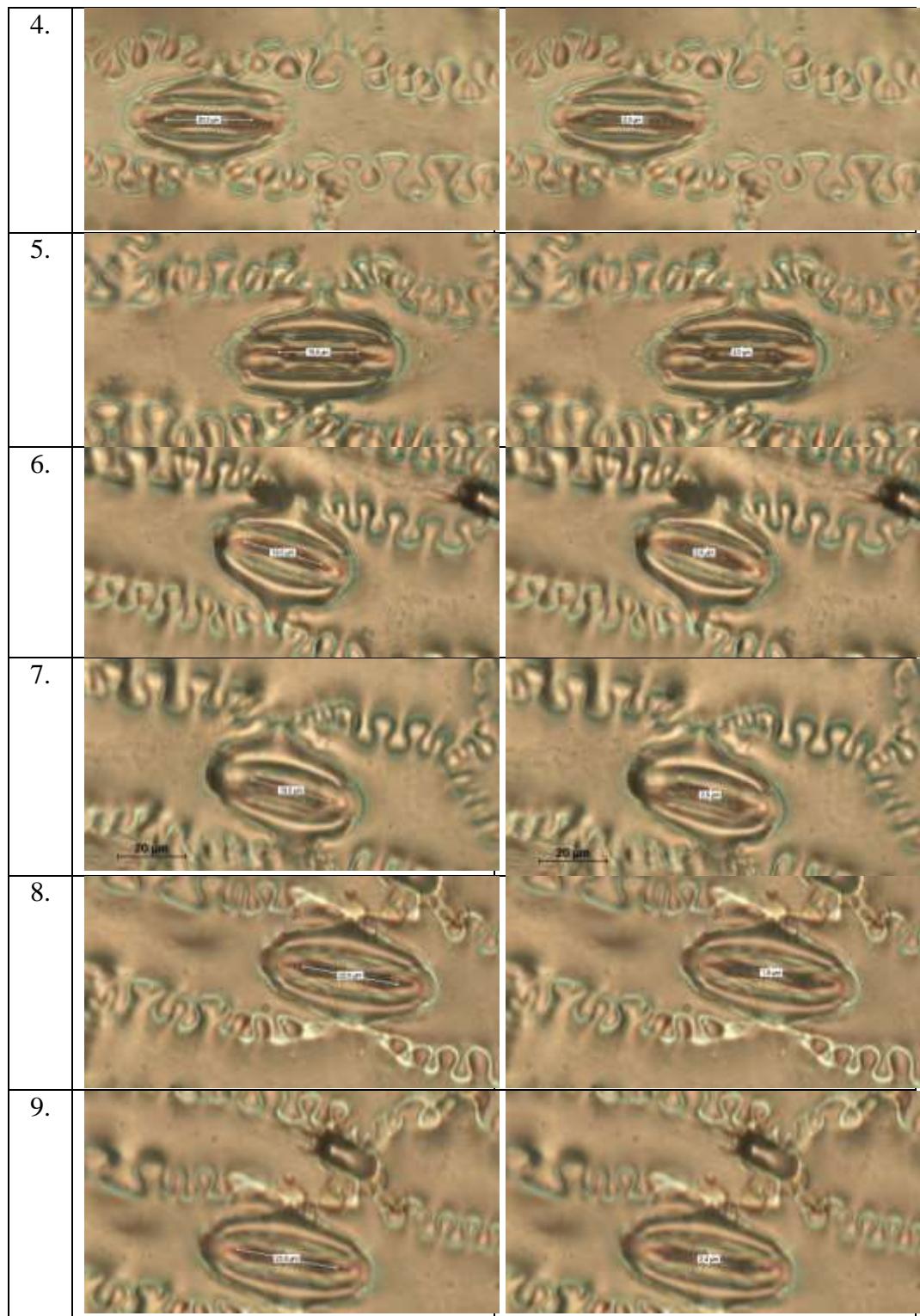




No .	Bukaan Stomata	
	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit	
	Panjang	Lebar
1.		



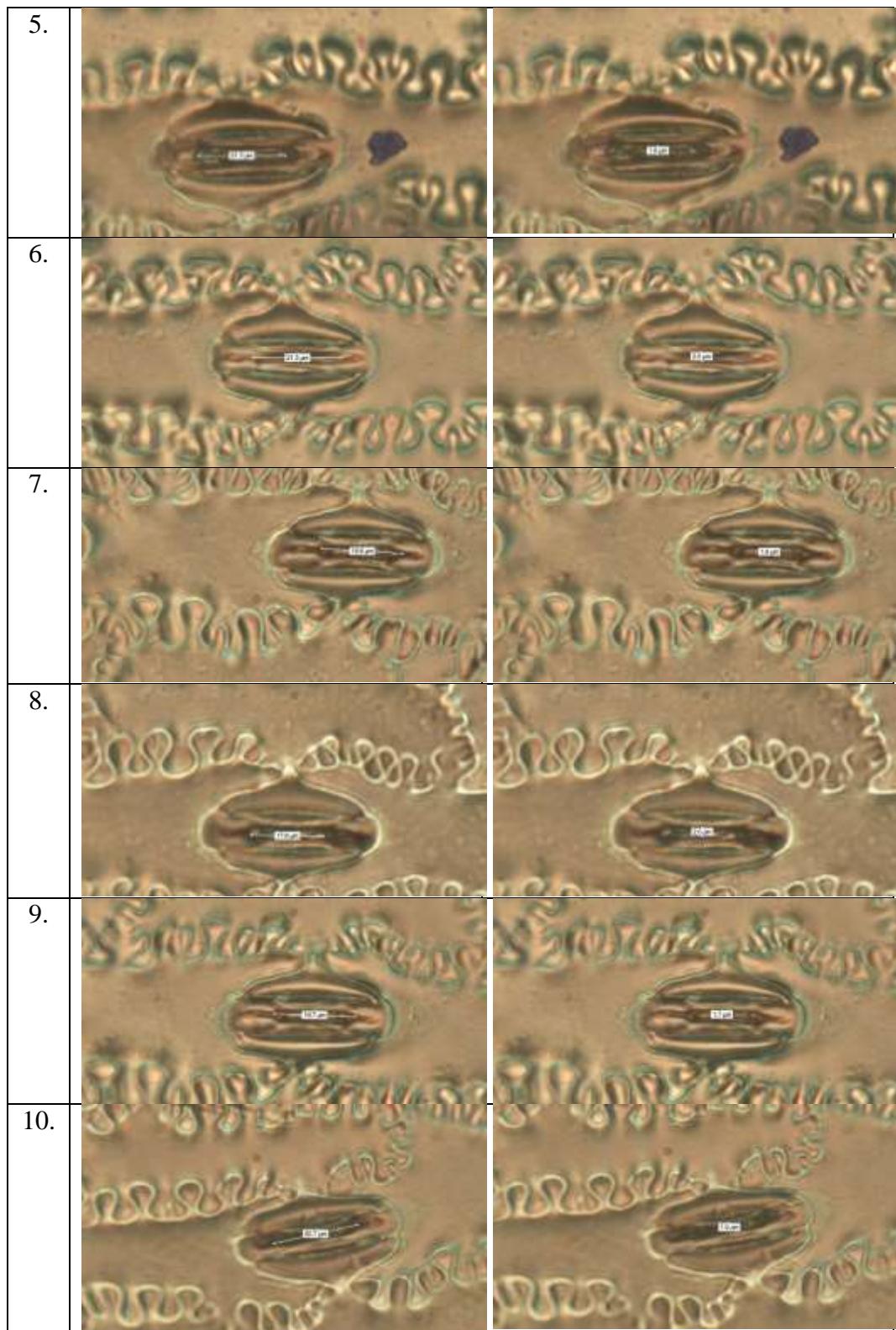






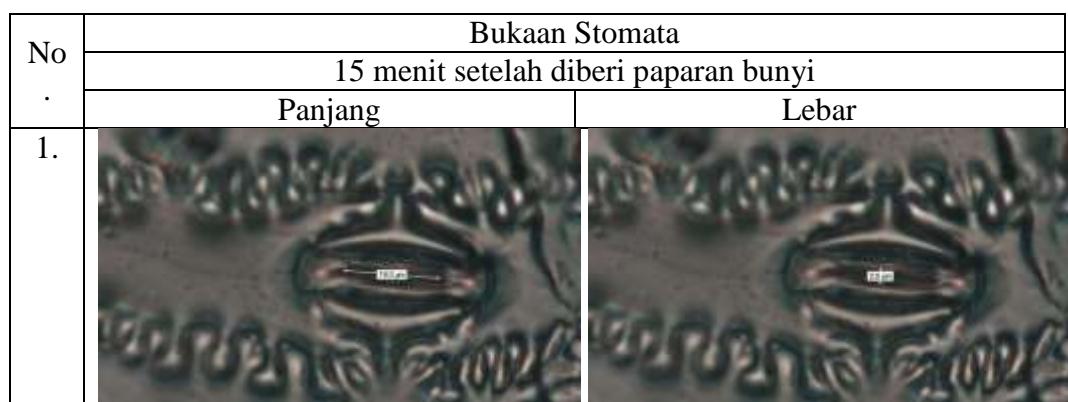
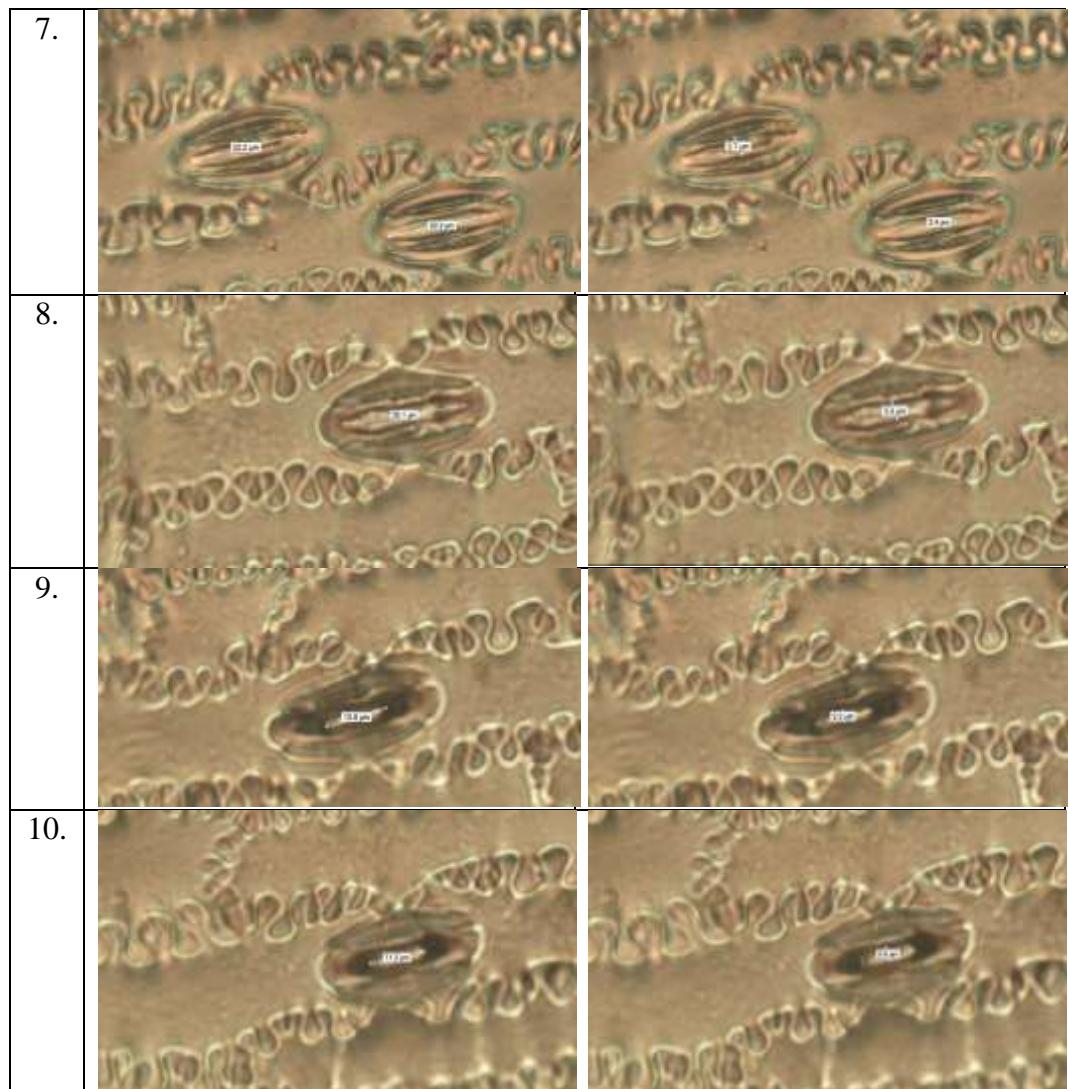
6. Gambar pengukuran bukaan stomata dengan perbesaran 1000x pada frekuensi 5000 Hz

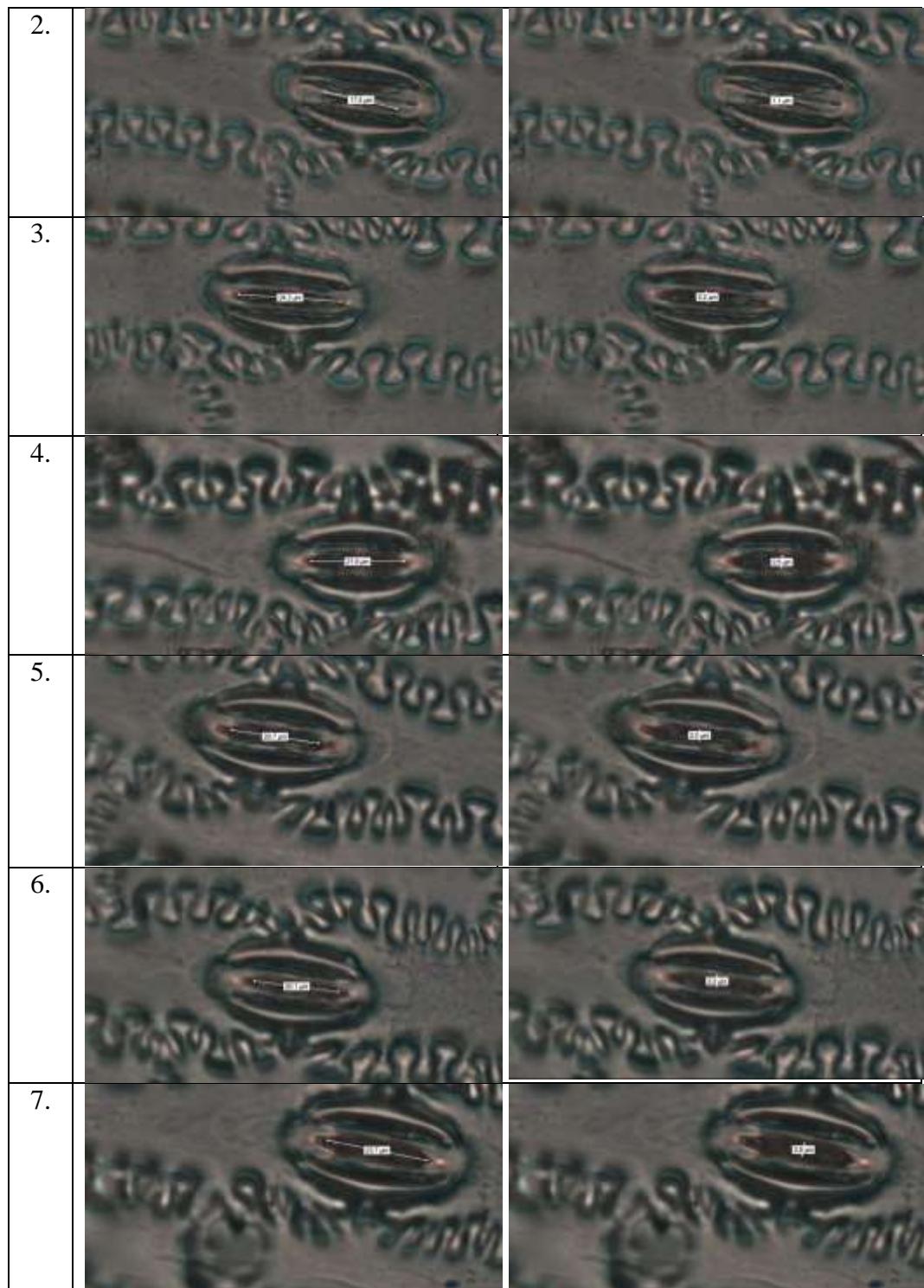
No .	Bukaan Stomata	
	15 menit sebelum diberi paparan bunyi	
	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		

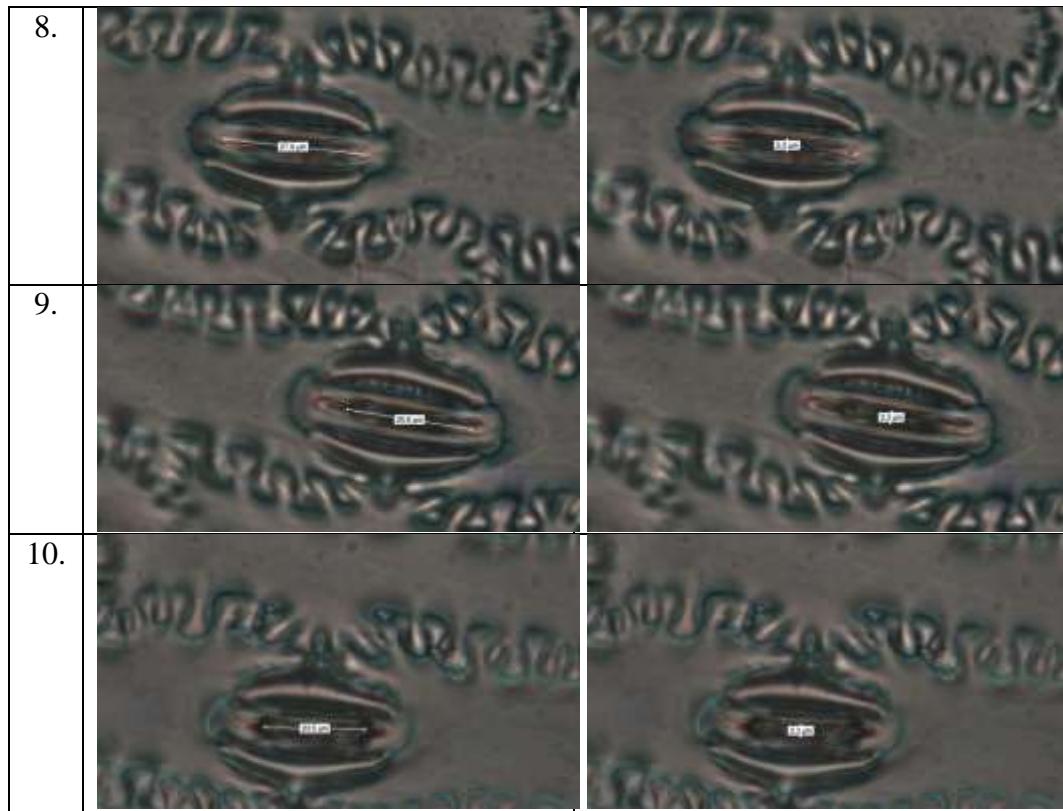


No .	Bukaan Stomata
	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit

	Panjang	Lebar
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		







B. Hasil pengukuran luasan asli bukaan stomata berdasarkan gambar diatas

1. Luasan asli bukaan stomata pada tanaman tanpa perlakuan bunyi (kontrol)

a) Sebelum

No. Gambar	15 menit sebelum diberi paparan bunyi		
	Panjang (µm)	Lebar (µm)	Luas (µm ²)
1.	22,4	1,5	26,4
2.	19,0	2,0	29,8
3.	16,0	1,7	21,4
4.	17,3	1,8	24,5
5.	23,1	1,9	35,8
	18,2	2,6	
6.	18,2	1,4	20,0
7.	22,8	1,8	32,2
8.	19,4	1,7	25,9
9.	24,0	1,7	32,0
10.	19,0	1,5	22,4
Rata-rata			27,0

b) Saat

No. Gambar	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	20,3	2,8	44,6
2.	18,9	1,8	26,7
3.	11,0	2,0	17,3
4.	15,2	1,9	22,7
5.	21,1	2,6	43,1
6.	18,2	2,6	37,2
7.	17,5	1,2	16,5
8.	22,7	2,2	39,2
9.	20,0	2,0	31,4
10.	20,0	1,8	28,3
Rata-rata			30,7

c) Setelah

No. Gambar	15 menit setelah diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	17,6	2,7	37,3
2.	19,2	2,6	39,2
3.	17,3	2,0	27,2
4.	16,8	1,7	22,4
5.	14,8	2,2	25,6
6.	17,4	1,8	24,6
7.	17,4	2,2	30,1
8.	20,2	1,9	30,1
9.	22,8	3,5	62,7
10.	20,0	1,7	26,7
Rata-rata			32,6

2. Luasan asli bukaan stomata pada frekuensi 3000 Hz

a) Sebelum

No. Gambar	15 menit sebelum diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	12,3	1,9	18,4
2.	20,0	2,0	31,4
3.	20,7	3,1	50,4
4.	18,5	2,2	32,0
5.	18,7	2,5	36,7

6.	15,3	2,2	26,4
7.	19,0	2,5	37,3
8.	15,7	2,3	28,4
9.	16,3	2,8	35,9
10.	16,0	2,8	35,2
Rata-rata			33,2

b) Saat

No. Gambar	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	18,9	6,3	93,5
2.	21,0	3,5	57,7
3.	28,2	5,9	131,0
4.	28,0	5,7	125,0
5.	24,2	5,7	108,0
6.	23,6	6,0	111,0
7.	19,3	5,2	78,8
8.	26,4	3,5	72,6
9.	31,6	4,0	99,3
10.	19,1	4,0	60,0
Rata-rata			93,7

c) Setelah

No. Gambar	15 menit setelah diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	16,9	2,5	33,2
2.	17,7	2,9	40,3
3.	18,8	2,5	36,9
4.	20,5	2,4	38,6
5.	23,2	3,3	60,1
6.	18,0	3,9	55,1
7.	15,7	3,7	45,6
8.	14,3	3,1	34,8
9.	15,5	3,9	47,5
10.	22,2	3,2	55,8
Rata-rata			44,8

3. Luasan asli bukaan stomata pada frekuensi 3500 Hz

a) Sebelum

No. Gambar	15 menit sebelum diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	18,6	2,9	42,4
2.	10,2	2,9	23,2
3.	10,8	2,4	25,0
	16,5	2,2	
4.	8,5	2,6	25,8
	16,8	2,6	
5.	16,0	2,3	29,2
	14,5	2,6	
6.	21,3	3,4	56,9
7.	14,8	1,8	20,9
8.	18,5	2,0	29,1
9.	13,4	4,5	47,4
10.	11,6	3,4	30,9
Rata-rata			32,8

b) Saat

No. Gambar	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	15,3	2,8	33,7
2.	14,2	3,1	34,6
3.	14,4	2,3	26,0
4.	20,8	3,1	50,6
5.	20,0	3,7	58,1
6.	22,4	4,8	84,4
7.	19,4	4,0	61,0
8.	16,8	3,4	44,7
9.	16,7	2,9	38,0
10.	15,0	2,6	30,6
Rata-rata			46,2

c) Setelah

No. Gambar	15 menit setelah diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	23,6	1,7	31,5
2.	21,1	2,3	38,1

3.	21,1	2,3	38,1
4.	25,6	1,8	36,2
5.	18,3	2,3	33,1
6.	23,4	2,2	40,4
7.	17,4	1,5	20,5
8.	22,0	2,2	38,0
9.	20,7	2,4	39,0
10.	14,6	2,2	25,2
Rata-rata			34,0

4. Luasan asli bukaan stomata pada frekuensi 4000 Hz

a) Sebelum

No. Gambar	15 menit sebelum diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	24,0	2,2	41,5
2.	19,4	1,8	27,4
3.	17,4	1,9	26,0
4.	22,4	2,0	35,2
5.	15,7	2,4	29,6
6.	27,6	1,1	23,8
7.	21,9	2,8	48,2
8.	19,9	1,9	29,7
9.	16,6	2,3	30,0
10.	23,5	1,7	31,4
Rata-rata			32,3

b) Saat

No. Gambar	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	19,7	2,6	40,2
2.	12,1	2,5	23,8
3.	21,4	2,5	42,0
4.	18,5	3,9	56,7
5.	16,3	2,3	29,4
6.	22,8	2,6	46,6
7.	18,0	2,5	35,3
8.	14,6	2,5	28,7
9.	19,4	2,0	30,5
10.	19,4	2,8	42,7
Rata-rata			37,6

c) Setelah

No. Gambar	15 menit setelah diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	23,0	2,6	47,0
2.	23,3	2,0	36,6
3.	21,7	2,5	42,6
4.	17,7	2,0	27,8
5.	24,6	1,5	29,0
6.	19,3	2,2	33,3
7.	19,9	2,2	34,4
8.	22,0	1,8	31,1
9.	21,7	1,9	32,4
10.	21,1	2,6	43,1
Rata-rata			35,7

5. Luasan asli bukaan stomata pada frekuensi 4500 Hz

a) Sebelum

No. Gambar	15 menit sebelum diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	25,4	2,0	39,9
2.	24,1	1,9	36,0
3.	18,7	1,4	20,1
	16,6	1,5	
4.	21,6	2,3	39,0
5.	16,6	3,4	44,3
6.	19,6	1,9	29,2
7.	22,3	2,2	38,5
8.	20,6	1,7	27,5
9.	21,6	1,7	28,8
10.	12,3	1,9	18,4
Rata-rata			32,2

b) Saat

No. Gambar	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	10,4	3,1	25,3
2.	24,8	4,5	87,6
3.	15,4	3,5	42,3
4.	25,6	3,3	66,4
5.	24,3	3,4	64,9
6.	17,6	3,3	45,6
7.	15,9	3,9	48,7
8.	20,5	4,6	74,1
9.	23,3	4,8	87,8
10.	11,7	3,9	35,8
Rata-rata			57,9

c) Setelah

No. Gambar	15 menit setelah diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	18,7	2,0	29,4
2.	20,3	2,0	31,9
3.	22,8	2,5	44,8
4.	20,3	2,0	31,9
5.	22,4	2,0	35,2
6.	19,0	2,8	41,8
7.	19,0	2,8	41,8
8.	22,6	1,9	33,7
9.	23,9	2,4	45,0
10.	20,9	2,6	42,7
Rata-rata			37,8

6. Luasan asli bukaan stomata pada frekuensi 5000 Hz

a) Sebelum

No. Gambar	15 menit sebelum diberi paparan bunyi		
	Panjang (μm)	Lebar (μm)	Luas (μm ²)
1.	21,8	1,5	25,7
2.	20,8	2,5	40,8
3.	23,3	2,5	45,8
4.	20,7	2,6	42,2
5.	21,3	1,8	30,1
6.	21,3	2,0	33,5
7.	19,8	1,4	21,8

8.	17,6	2,0	27,6
9.	19,7	1,7	26,3
10.	20,7	1,9	30,9
Rata-rata			32,4

b) Saat

No. Gambar	Saat diberi paparan bunyi selama 30 menit		
	Panjang (µm)	Lebar (µm)	Luas (µm ²)
1.	21,8	2,5	42,8
2.	18,7	2,5	36,7
3.	21,4	3,1	52,1
4.	22,0	2,5	43,2
5.	20,1	3,8	60,0
6.	25,0	3,1	60,87
7.	22,2	3,7	53,2
	22,2	2,4	
8.	25,1	3,4	67,0
9.	12,8	2,2	22,1
10.	11,2	2,8	24,6
Rata-rata			46,3

c) Setelah

No. Gambar	15 menit setelah diberi paparan bunyi		
	Panjang (µm)	Lebar (µm)	Luas (µm ²)
1.	19,0	2,6	38,8
2.	17,4	1,1	15,0
3.	24,3	2,2	42,0
4.	21,9	2,5	43,0
5.	20,7	2	32,5
6.	20,1	2,2	34,7
7.	23,7	2,8	52,1
8.	27,9	2,2	48,2
9.	25,6	2,3	46,2
10.	20,5	2,3	37,0
Rata-rata			39,0

LAMPIRAN II
DOKUMENTASI PENELITIAN



