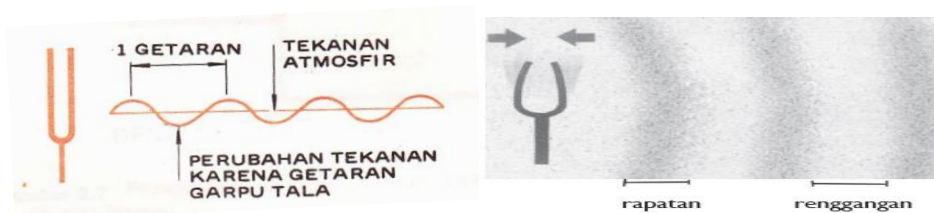


BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Gelombang Bunyi

Bunyi termasuk gelombang mekanik longitudinal. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah rambatnya sejajar dengan arah getarnya. Dalam perambatannya bunyi memerlukan medium perantara dan rambatan atau perpindahan gelombangnya berupa rapatan dan renggangan bergantian secara periodik. Jarak yang dibentuk rapatan dan renggangan disebut panjang gelombang; semakin pendek panjang gelombang, semakin tinggi frekuensi.



Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi gelombang bunyi yang dihasilkan oleh garputala.

Sumber: Lea Prasetio (1990: 14).

Bunyi terjadi karena atom-atom penyusun medium yang dilalui bunyi mengalami perubahan tekanan. Medium perambatan bunyi dapat berupa gas, cair maupun padat. Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan peregangan oleh partikel-partikel udara yang bergerak ke arah luar karena penyimpangan tekanan. Partikel udara yang meneruskan gelombang bunyi tidak berubah posisi normalnya, jika tidak ada gelombang bunyi yang diteruskan (Lea Prasetio, 1990: 14). Perubahan tekanan ini mengakibatkan gendang telinga bergetar, yang akhirnya menghasilkan bunyi

yang dapat kita dengar. Bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia terletak pada rentang antara 20 Hz sampai 20.000 Hz.

B. Pengaruh Bunyi Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Gelombang adalah suatu getaran yang merambat, yang membawa energi dari satu tempat ke tempat lainnya (Sutrisno, 1979: 140). Gelombang bunyi merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat yang saling beradu satu sama lain. Namun demikian, zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi, tetapi tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992: 166). Dengan kata lain bunyi mempunyai energi, karena bunyi merupakan salah satu bentuk gelombang yang memiliki kemampuan untuk menggetarkan partikel-partikel yang dilaluinya. Energi atau getaran yang dihasilkan oleh sumber bunyi tersebut mempunyai efek terhadap suatu tanaman, yaitu mampu merangsang stomata daun untuk membuka. Getaran dari suara akan memindahkan energi ke permukaan daun dan akan menstimulasi stomata daun untuk membuka lebih lebar. Dengan membukanya stomata lebih lebar berarti penyerapan unsur hara dan bahan-bahan lain di daun menjadi lebih banyak jika dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan bunyi.

Dalam artikel Yannick Van Doorne yang berjudul "*The Effects of Variable Sound Frequencies on Plant Growth and Development*" dijelaskan bahwa suara dengan frekuensi tertentu bisa mempengaruhi pembukaan stomata (Yannick Van Doorne, 2000: 3), sebagai berikut:

1. Suara beresonansi dengan objek.

Suara beresonansi dengan rongga stomata. Menurut Dan Carlson, serapan nutrisi daun dan serapan air dapat ditingkatkan karena sifat permeabilitas membran stomata. Menurut Weinberger (1972), suara dapat beresonansi dengan organel sel. Beberapa suara dengan frekuensi tertentu beresonansi sehingga meningkatkan gerakan sitoplasma di dalam sel.

2. Fenomena kavitasi.

Kavitasi adalah fenomena yang disebabkan oleh suara dalam cairan. Suara yang terpancar akan mengenai sitoplasma. Sitoplasma tersusun atas air dan beberapa bahan kimia terlarut (Istamar Syamsuri, 2003: 5). Suara dengan frekuensi tertentu yang mengenai sitoplasma menyebabkan munculnya *microbubbles* (gelembung-gelembung) yang kemudian beresonansi dengan suara dan mendorong dinding sel penjaga. Oleh karena itu, tekanan turgorsitas mengalami peningkatan dan stomata dapat membuka secara maksimal.

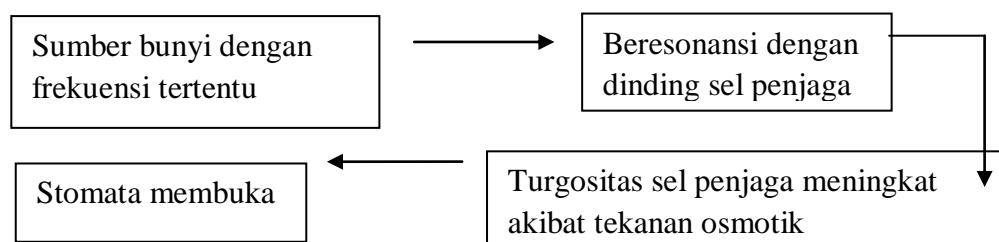
3. Resonansi skala

Joel Sternheimer (1993) seorang ilmuwan fisika kuantum mengembangkan metode resonansi skala. Disebut resonansi skala karena sumber suara dengan frekuensi 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. Metode resonansi skala dengan mengirimkan urutan suara tertentu untuk

merangsang atau menghambat gen protein yang sesuai sangat berguna sebagai alat untuk mempelajari fungsi protein yang dapat mempengaruhi optimalisasi bukaan stomata.

Dalam jurnal yang berjudul “*Method For The Regulation of Protein Biosynthesis*”, Sternheimer menemukan susunan notasi musik dan periode notasi musik dari urutan asam amino. Getaran suara dari musik sebagai getaran kuantum yang mempengaruhi sampai tingkat molekul sebagaimana protein disusun dari reaksi-reaksi asam amino. Asam amino memancarkan sinyal dari sifat kuantum dari pancaran bunyi dengan frekuensi tertentu. Sinyal bunyi yang dihasilkan diterjemahkan dalam notasi musik. Aplikasi dari penemuan urutan asam amino digunakan untuk menyusun notasi musik yang akan bertugas menstimulasi formasi protein di dalam organisme, sehingga membatasi fungsi biologisnya. Penemuan ini berkaitan dengan resonansi skala hasil penemuan sebelumnya.

Secara skematis hubungan antara getaran suara terhadap pembukaan stomata disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Skema hubungan getaran suara terhadap pembukaan stomata.

C. Penerapan *Sonic Bloom* pada Tanaman

Pada tahun 1972, Dan Carlson seorang ahli pemuliaan tanaman dari Minnesota, Amerika Serikat, memperkenalkan teknologi *sonic bloom*. Konsep teknologi *sonic bloom* adalah gabungan antara pemberian suara dari sumber bunyi yang memancarkan gelombang dengan frekuensi antara 3.500-5.000 Hz dengan pemupukan nutrisi melalui daun. Perpaduan ini akan menjadi dua aktivitas yang bekerja secara sinergi yang mampu meningkatkan metabolisme dan produktivitas tanaman (Hartono Tapari, 2009: 16)

Uji coba penggunaan *sonic bloom* yang dilakukan Yulianto, peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jateng, dan sejumlah pakar agroteknologi dari perguruan tinggi di Jateng, seperti UKSW Salatiga, Unika Soegijapranata, UNS Surakarta, dan Unsoed Purwokerto pada pertengahan 2001 hingga 2005 merekomendasikan bahwa TSB (Teknik *Sonic Bloom*) sebagai terobosan yang bisa mendongkrak produksi dan kualitas komoditas pertanian. Dari pengkajian BPTP Jateng, TBS selain meningkatkan kualitas dan kuantitas produk pertanian hingga lebih dari 20%, juga ramah lingkungan. Untuk tanaman padi peningkatannya mencapai 23%, jagung 25-37%, kentang 32%, dan bawang merah 20-21% (Suara Merdeka, Senin 19 Desember 2005).

Hasil penelitian Yulianto menggunakan aplikasi gelombang suara *sonic bloom* dengan frekuensi antara 3.500-5.000 Hz dan nutrisi rumput laut terhadap tanaman kentang di desa Wates, Temanggung, Jawa Tengah, mampu meningkatkan hasil panen dan pendapatan petani dibandingkan dengan cara budidaya yang biasa dilakukan petani. Suara yang dipaparkan pada tanaman

meningkatkan hasil panen 23,3% dari tanaman kontrol (Agrosains, 2007: 13-18).

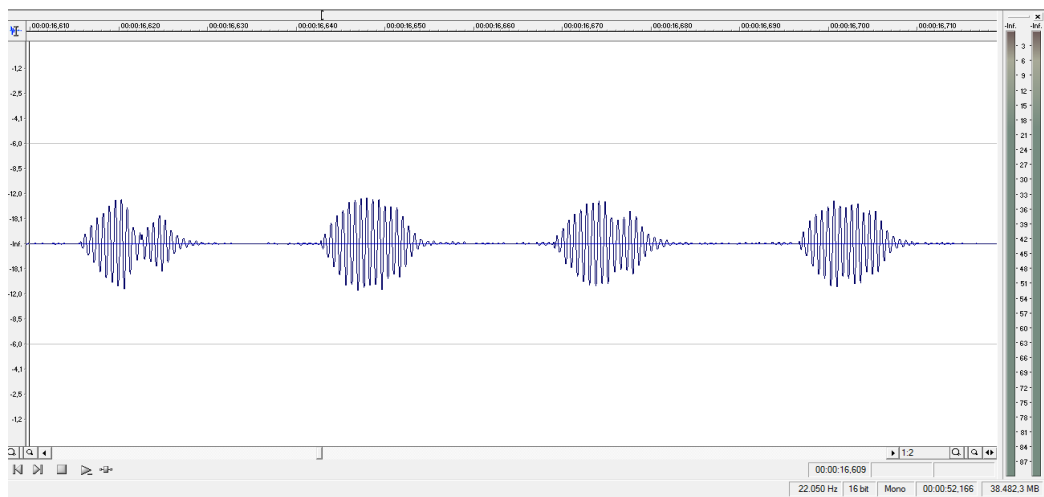
D. Penerapan Gelombang Suara pada Obyek Penelitian

Penelitian ini menggunakan suara anjing tanah (orong-orong). Suara anjing tanah tidak langsung dipaparkan pada tanaman kedelai, namun suara tersebut harus dianalisis dan dimanipulasi terlebih dahulu.

Untuk mengetahui frekuensi suara anjing tanah yang telah diperoleh, dilakukan analisis frekuensi terlebih dahulu menggunakan program *Sound Forge 6.0*, dan menggunakan program *Adobe Audition 1.5*, untuk memanipulasi frekuensi suaranya.

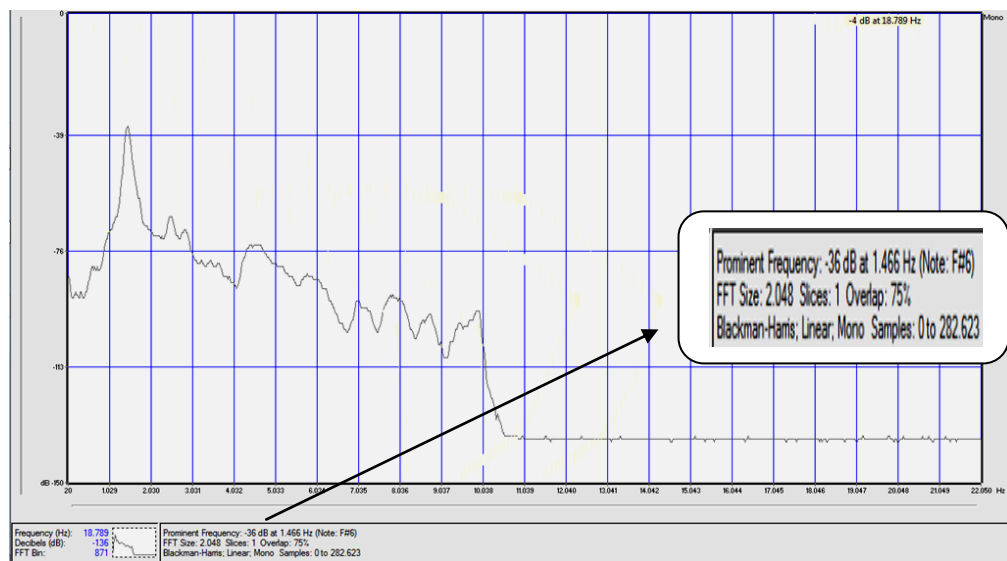
1. Analisis Bunyi

Bentuk gelombang suara asli anjing tanah (orong-orong) yang direkam menggunakan program *Sound Forge 6.0* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bentuk gelombang dari suara asli anjing tanah (orong-orong).

Gambar 2.3 menunjukkan bentuk gelombang suara anjing tanah dalam domain waktu. Sebagai sumbu-X adalah waktu (sekon), sedangkan sumbu-Y menyatakan amplitudo dalam *decibel* (dB). Spektrum sinyal suara anjing tanah untuk bentuk gelombang pada Gambar 2.3, hasil analisis menggunakan fasilitas *spectrum analysis* yang terdapat dalam program *Sound Forge 6.0*, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Spektrum sinyal dari suara asli anjing tanah (orong-orong).

Nilai *peak frequency* yang tertera pada spektrum di atas sebesar 1.466 Hz. Gambar 2.4 memperlihatkan bahwa spektrum yang dihasilkan masih memiliki beberapa puncak dan jika dianalisis pada waktu-waktu tertentu memiliki nilai *peak frequency* yang berbeda. Untuk mendapatkan kisaran nilai *peak frequency* dan rata-ratanya diperlukan pemotongan-pemotongan gelombang. Interval waktu pemotongan tidak boleh terlalu kecil atau masih dalam syarat pemotongan gelombang minimal yaitu 1 periode. Dalam penelitian ini dilakukan pemotongan dengan interval

waktu 0,02 s yang hasil analisis *peak frequency*-nya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan antara interval waktu (s) dan *peak frequency* (Hz) pada spektrum suara asli anjing tanah (orong-orong).

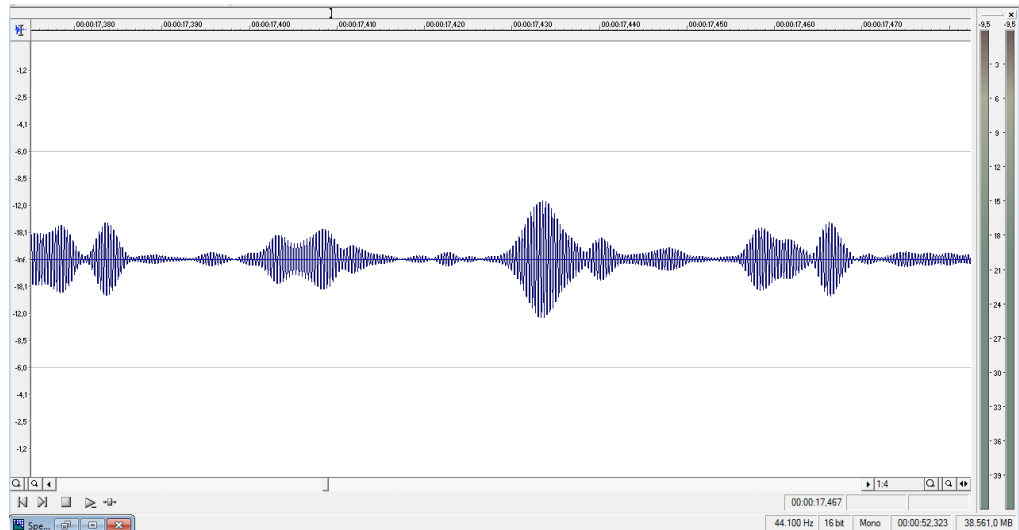
Interval waktu (s)	<i>Peak frequency</i> (Hz)	Amplitudo (dB)
0,00-0,02	1.466	-47
0,02-0,04	1.444	-35
0,04-0,06	1.401	-47
0,06-0,08	1.423	-62
0,08-0,10	1.466	-45
0,10-0,12	1.466	-36
0,12-0,14	1.552	-68
0,14-0,16	1.379	-64
0,16-0,18	1.466	-41
0,18-0,20	1.466	-37
0,20-0,22	1.401	-67
0,22-0,24	1.423	-59
0,24-0,26	1.466	-41
0,26-0,28	1.358	-41
0,28-0,30	1.466	-71
0,30-0,32	1.378	-53
0,32-0,34	1.573	-40
0,34-0,36	1.358	-48
0,36-0,38	1.401	-65
0,38-0,40	1.466	-43
$\bar{f} \pm \overline{\Delta f} = (1,5 \pm 0,1)10^3 \text{ Hz}$		

Berdasarkan data pada Tabel 2.1 di atas diperoleh rata-rata *peak frequency* dari suara asli anjing tanah sebesar $\bar{f} \pm \overline{\Delta f} = (1,5 \pm 0,1)10^3 \text{ Hz}$.

2. Manipulasi Frekuensi

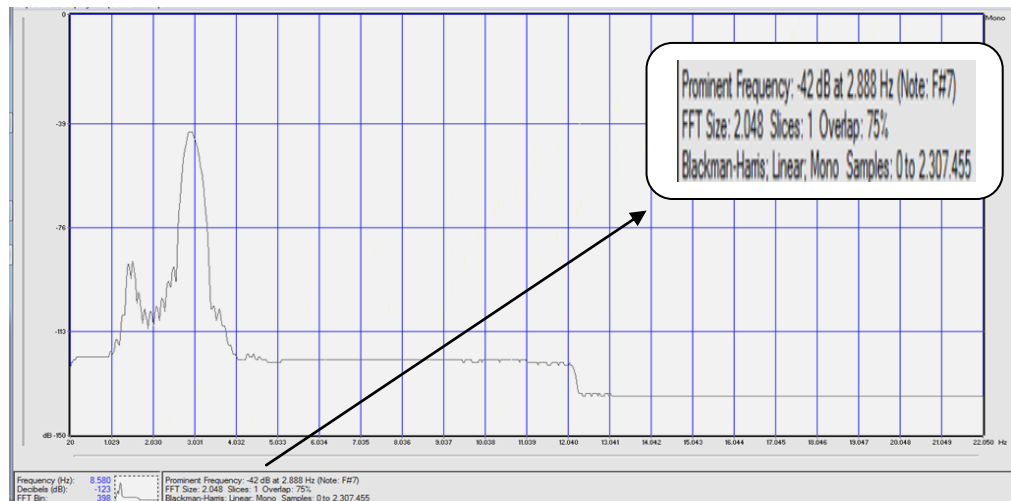
Untuk memperoleh frekuensi yang diinginkan, dilakukan manipulasi frekuensi suara asli anjing tanah (orong-orong) dengan cara

menggeser frekuensi menggunakan program *Adobe Audition 1.5*. Setelah dilakukan manipulasi frekuensi, bentuk gelombang yang dihasilkan diamati menggunakan *Sound Forge Pro 6.0*. Bentuk gelombang dengan frekuensi yang telah digeser dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk gelombang suara anjing tanah (orong-orong) yang telah dimanipulasi.

Sedangkan spektrum sinyal suara anjing tanah yang telah dimanipulasi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Spektrum sinyal dari suara anjing tanah (orong-orong) yang telah dimanipulasi.

Nilai *peak frequency* pada spektrum di atas sebesar 2.888 Hz. Jika bentuk gelombang dianalisis pada waktu-waktu tertentu akan memiliki nilai *peak frequency* yang berbeda dikarenakan gelombang yang dihasilkan masih memiliki beberapa puncak. Sehingga untuk mendapatkan kisaran nilai *peak frequency*-nya diperlukan pemotongan-pemotongan gelombang dengan interval waktu 0,02 s yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.2, sehingga diperoleh rerata *peak frequency* $(2,9 \pm 0,1)10^3$ Hz .

Tabel 2.2. Hubungan antara interval waktu (s) dan *peak frequency* (Hz) pada hasil spektrum suara anjing tanah (orong-orong) yang dimanipulasi.

Interval waktu (s)	<i>Peak frequency</i> (Hz)	Amplitudo (dB)
0,00-0,02	2.997	-48
0,02-0,04	3.119	-51
0,04-0,06	2.931	-37
0,06-0,08	2.931	-55
0,08-0,10	2.888	-51
0,10-0,12	2.967	-44
0,12-0,14	3.119	-40
0,14-0,16	2.888	-35
0,16-0,18	2.930	-48
0,18-0,20	2.960	-38
0,20-0,22	2.888	-49
0,22-0,24	2.931	-37
0,24-0,26	2.888	-45
0,26-0,28	2.998	-40
0,28-0,30	2.888	-38
0,30-0,32	2.961	-44
0,32-0,34	2.860	-37
0,34-0,36	2.845	-38
0,36-0,38	2.960	-35
0,38-0,40	2.960	-43
$\bar{f} \pm \Delta f = (2,9 \pm 0,1) 10^3$ Hz		

E. Kajian Tentang Kedelai

Klasifikasi tanaman kedelai menurut Adisarwanto (2005: 26) adalah sebagai berikut:

Kingdom: *Plantae* (Tumbuhan)
Subkingdom: *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi: *Spermatophyta* (Menghasilkan biji)
Divisi: *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)
Kelas: *Magnoliopsida* (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas: *Rosidae*
Ordo: *Fabales*
Famili: *Fabaceae* (suku polong-polongan)
Genus: *Glycine*
Spesies: *Glycine max (L.) Merr*

Kedelai (*Glycine max (L.) Merr*) merupakan tumbuhan semusim, dengan penanaman biasanya dilakukan pada akhir musim penghujan setelah panen padi. Menurut Amirudin Aidin (Penyuluh Pertanian Madya), penentuan waktu tanam yang tepat akan berpengaruh terhadap tingkat keberhasilan pertanaman kedelai. Waktu tanam berkaitan dengan ketersediaan air irigasi, perkembangan hama dan penyakit, serta aspek pemasaran. Secara umum, waktu tanam kedelai di lahan kering dimulai pada awal musim hujan yaitu antara bulan Oktober atau November. Sementara untuk waktu tanam kedua dilakukan sekitar bulan Februari atau Maret. Untuk lahan sawah, permulaan waktu tanam yang paling tepat antara akhir bulan Februari sampai pertengahan Maret dan untuk penanaman kedua mulai awal Juni sampai pertengahan Juli (<http://cybex.deptan.go.id/penyuluhan/bertanam-kedelai> diakses tanggal 23 Juli 2011).



Gambar 2.7. Tanaman kedelai.

Kedelai dibudidayakan di lahan sawah maupun lahan kering (ladang).

Ciri morfologi kedelai yaitu:

1. Biji kedelai berkeping dua, dan terbungkus kulit biji. Embrio terletak di antara keping biji. Warna kulit biji kuning, hitam, hijau atau coklat. Bentuk biji kedelai umumnya bulat lonjong, tetapi ada pula yang bundar atau bulat agak pipih.
2. Kecambah kedelai tergolong epigeous, yaitu keping biji muncul di atas tanah. Warna hipokotil, yaitu bagian batang kecambah di bawah keping adalah ungu atau hijau yang berhubungan dengan warna bunga. Kedelai yang berhipokotil ungu berbunga ungu, sedang yang berhipokotil hijau berbunga putih.
3. Berakar tunggang yang membentuk akar-akar cabang yang tumbuh menyamping (horizontal) tidak jauh dari permukaan tanah. Pertumbuhan ke samping dapat mencapai jarak 40 cm, dengan kedalaman hingga 120 cm.
4. Percabangan tanaman kedelai sedikit dengan batang berkambium. Pertumbuhan batang mencapai tinggi 30–100 cm yang membentuk 3–6

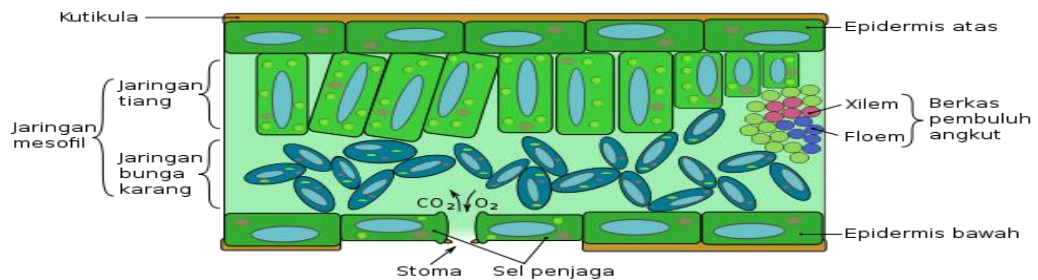
cabang, tetapi bila jarak antar tanaman rapat, cabang menjadi berkurang, atau tidak bercabang sama sekali.

5. Daun tanaman kedelai pada buku (*nodus*) pertama tanaman yang tumbuh dari biji terbentuk sepasang daun tunggal. Selanjutnya, pada semua buku di atasnya terbentuk daun majemuk (selalu dengan tiga helai). Helai daun tunggal memiliki tangkai pendek dan daun bertiga mempunyai tangkai agak panjang. Masing-masing daun berbentuk oval, tipis, dan berwarna hijau. Permukaan daun berbulu halus pada kedua sisi. Setelah tua, daun menguning dan gugur, dimulai dari daun yang menempel di bagian bawah batang.
6. Bunga terletak pada ruas-ruas batang, berwarna ungu atau putih. Tidak semua bunga dapat menjadi polong, walaupun telah terjadi penyerbukan secara sempurna. Sekitar 60% bunga rontok sebelum membentuk polong.
7. Buah kedelai berbentuk polong. Setiap tanaman mampu menghasilkan 100–250 polong. Polong kedelai berbulu dan berwarna kuning kecoklatan atau abu-abu. Selama proses pematangan buah, polong yang mula-mula berwarna hijau akan berubah menjadi kehitaman. Setelah tua, daun menguning dan gugur, menunjukkan kedelai dapat dipanen (Majalah Tempo, 29 Mei 2010).

F. Kajian Tentang Stomata

Stomata adalah lubang-lubang kecil berbentuk lonjong yang dikelilingi oleh dua sel epidermis khusus yang disebut sel penutup (*guard cell*). Sel

penutup tersebut adalah sel-sel epidermis yang dapat mengatur besarnya lubang yang ada diantaranya. Kadang stomata hanya terletak di permukaan bawah daun, tetapi sering ditemui di kedua permukaan, walaupun lebih banyak terdapat di bagian bawah (Salisbury dan Ross, 1995: 78).

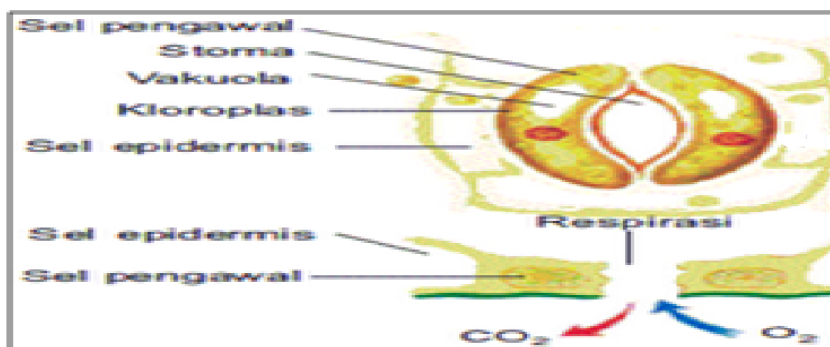


Gambar 2.8. Letak stomata pada epidermis bawah.

Sumber: (<http://belajarbersamapagurussp.blogspot.com> diakses tanggal 23 Mei 2011).

Gambar 2.8 memperlihatkan letak dan fungsi stoma (jamak: stomata) yang berada pada epidermis bawah dan berfungsi sebagai organ respirasi. Stoma mengambil CO_2 dari udara untuk dijadikan bahan fotosintesis, mengeluarkan O_2 sebagai hasil fotosintesis. Stoma ibarat hidung manusia dimana stoma mengambil CO_2 dari udara dan mengeluarkan O_2 , sedangkan hidung mengambil O_2 dan mengeluarkan CO_2 .

Bagian-bagian stomata lebih detail dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Bagian-bagian dari stomata.

Sumber: (<http://www.sentra-edukasi.com/2011/06/jaringan-pada-tumbuhan-bagian-2.html> diakses tanggal 5 September 2011).

Bagian-bagian dari stomata daun menurut Kertasaputra (1998: 45) meliputi:

1. Sel penutup (*guard cell*), disebut juga sel penjaga. Sel penutup/sel pengawal terdiri dari sepasang sel yang kelihatannya simetris dan umumnya berbentuk ginjal. Sel-sel penutup merupakan sel-sel aktif (hidup). Pada sel-sel penutup terdapat kloroplas.
2. Celah (*porus*) berupa lubang kecil yang terletak di antara kedua sel penutup. Sel penutup dapat mengatur menutup atau membukanya porus berdasarkan perubahan osmosisnya. Bila celah ini membuka, maka stomata membuka.
3. Sel tetangga (*subsidiary cell*) merupakan sel-sel yang berdampingan atau yang berada di sekitar sel-sel penutup. Sel-sel tetangga dapat terdiri dari dua buah atau lebih yang secara khusus melangsungkan fungsinya secara berasosiasi dengan sel-sel penutup.
4. Ruang udara dalam (*substomata chamber*) merupakan suatu ruang antarsel yang besar dan berfungsi ganda dalam fotosintesis, transpirasi, dan juga respirasi.

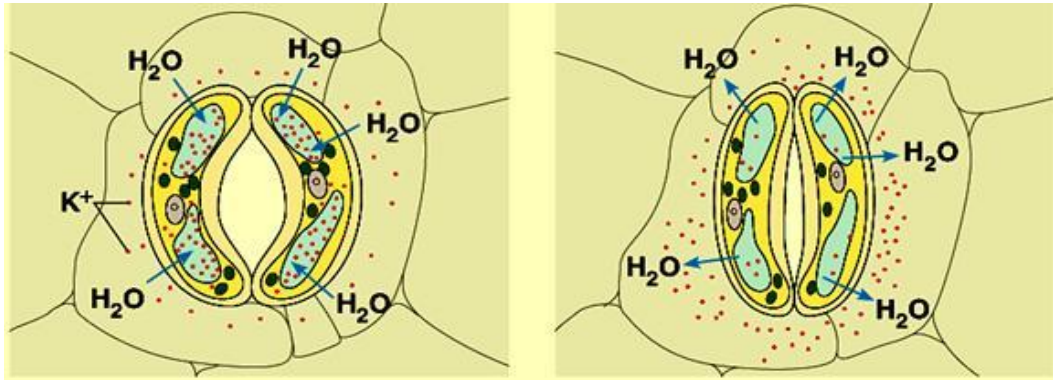
G. Mekanisme Membukanya Stomata

Stomata membuka karena sel penjaga mengambil air dan kemudian mengembang. Mikrofibril selulosa atau misela, yaitu bahan dinding sel tumbuhan, tersusun melilit pada sel penjaga yang memanjang seakan menyebar dari suatu daerah di pusat stomata. Susunan mikrofibril tersebut disebut miselasi radial, artinya bila sel penjaga mengembang karena menyerap air,

diameternya tidak bertambah besar, sebab mikrofibril tidak banyak meregang ke arah sel penjaga. Sel penjaga juga dapat bertambah panjang, terutama dinding luarnya, sehingga mengembang ke arah luar. Kemudian, dinding sebelah dalam akan tertarik oleh mikrofibril tersebut, sehingga stomata membuka (Salisbury dan Ross, 1995: 84-85).

Membukanya stomata juga terjadi jika tekanan turgor kedua sel penjaga meningkat. Peningkatan tekanan turgor sel penjaga disebabkan oleh masuknya air ke dalam sel penjaga. Pergerakan air dari sel yang mempunyai potensi air lebih tinggi ke sel dengan potensi air lebih rendah. Tinggi rendahnya potensi air sel akan tergantung pada jumlah bahan yang terlarut di dalam cairan sel tersebut. Semakin banyak bahan yang terlarut maka potensi osmotik sel akan semakin rendah. Untuk memacu agar air masuk ke sel penjaga, jumlah bahan yang terlarut di dalam sel tersebut harus ditingkatkan. Sehingga masuknya air dari sel tetangga ke sel penutup, membuat sel penutup akan memiliki tekanan turgor yang tinggi. Sementara itu, sel tetangga yang kehilangan air akan mengerut, menarik sel penutup ke belakang, sehingga stomata terbuka (Benyamin Lakitan, 1993: 79).

Gambar mekanisme pembukaan stomata dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Ilustrasi mekanisme stomata membuka (kiri) dan menutup (kanan).

Sumber : (<http://preuniversity.grkraj.org> diakses Minggu, 21 Agustus 2011).

Membuka dan menutupnya stomata dipengaruhi oleh air, tekanan osmotik, ion kalium dan rangsangan dari lingkungan, yaitu kelembaban, suhu dan cahaya.

1. Air

Menurut Hopkins (2009: 114) kemampuan membuka dan menutup stomata diatur oleh sel penjaga. Apabila tanaman mengalami kekurangan air, maka sel penjaga akan menutup untuk mengurangi penguapan dan sebaliknya. Keadaan tumbuhan yang cukup air menyebabkan sel penjaga mengembang sehingga stomata akan terbuka. Namun apabila tumbuhan mengalami dehidrasi, air dalam sel penjaga akan keluar membuat sel penjaga mengempis dan stomata menutup.

2. Tekanan osmotik

Proses membukanya stomata dilakukan dengan meregulasi (mengatur) tekanan air dalam sel penjaga. Konsentrasi air yang dibatasi oleh selaput semi-permeabel, dalam hal ini membran sel, diatur oleh tekanan osmotik. Semakin tinggi konsentrasi zat terlarut dalam larutan, maka tekanan osmotik

larutan tersebut semakin rendah terhadap air murni. Kemampuan membuka dan menutupnya stomata secara langsung berhubungan dengan kemampuan sel penjaga untuk meregulasi zat terlarut di dalam sitoplasma (Benyamin Lakitan, 1993: 82)

3. Ion kalium (K^+)

Perpindahan air dari sel penjaga menuju ke sel penutup dan sebaliknya dipengaruhi oleh perubahan komposisi kimia di dalam sel. Berdasarkan Teori Pemompaan Ion Kalium (K^+), perubahan komposisi kimia di dalam sel yang menyebabkan air berpindah dari satu sel ke sel lainnya, disebabkan proses penyerapan atau pengeluaran ion Kalium oleh sel tersebut.

Ketika sel penutup secara aktif mengakumulasi ion K^+ dari sel-sel epidermis di sekitarnya, Potensial Air (PA) dalam sel penutup menjadi lebih rendah dari sel-sel di sekitarnya. Hal ini menyebabkan air akan mengalir dari sel-sel di sekitarnya untuk memasuki sel penutup, karena air berpindah dari larutan yang memiliki PA tinggi menuju larutan dengan PA rendah. Ketika air memasuki sel penutup, tekanan turgor dalam sel penutup akan semakin tinggi, hingga akhirnya stomata terbuka (Benyamin Lakitan, 1993: 83).

4. Suhu

Tidak semua stomata sangat peka terhadap kelembaban atmosfer. Suhu berpengaruh pada kerja enzim. Suhu tinggi ($30-35^{\circ}C$) biasanya menyebabkan stomata menutup. Menutupnya stomata sebagai respon tak

langsung tumbuhan terhadap keadaan rawan air, atau mungkin karena laju respirasi naik sehingga CO₂ dalam daun juga naik (Salisbury dan Ross, 1995: 84).

5. Cahaya

Stomata tumbuhan pada umumnya membuka pada saat matahari terbit dan menutup saat hari gelap sehingga memungkinkan masuknya CO₂ yang diperlukan untuk fotosintesis pada siang hari. Stomata menutup lebih cepat jika tumbuhan ditempatkan dalam gelap secara tiba-tiba (Salisbury dan Ross, 1995: 80)

Cahaya biru sangat efektif dalam merangsang pembukaan stomata. Cahaya biru selain merangsang masuknya ion Kalium ke sel penjaga, juga berperan dalam pemecahan molekul pati untuk menghasilkan fosfoenol piruvat (PEP) yang dapat menerima CO₂ untuk membentuk asam malat. Untuk menjaga netralitas muatan listrik, maka masuknya ion Kalium harus dibarengi oleh masuknya suatu anion. Pada beberapa spesies ditemukan bahwa anion tersebut adalah Clor (Benyamin Lakitan, 1993: 81).

6. Kelembaban

Stomata pada banyak spesies sangat peka terhadap kelembaban. Kelembaban udara mempengaruhi proses penguapan air yang berhubungan dengan penyerapan nutrisi. Pada kelembaban yang rendah, penguapan akan meningkat sehingga penyerapan nutrisi pun semakin banyak (Istamar Syamsuri, 2003: 14). Bila kandungan uap air di udara dan ruang antar sel melebihi titik kritis menyebabkan stomata menutup. Respon membukanya

stomata paling cepat terhadap kelembaban yang rendah terjadi saat tingkat cahaya yang rendah (Salisbury dan Ross, 1995: 84).

H. Uji Asumsi

Uji-*t* yang digunakan adalah *independent sampel t-test*. Analisis ini digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan keadaan satu faktor dengan dua sampel, yaitu untuk mengetahui perbedaan pertumbuhan tanaman yang diberi perlakuan suara anjing tanah termanipulasi pada *peak frequency* $(2,9 \pm 0,1)10^3$ Hz dan tanaman tanpa perlakuan bunyi (tanaman kontrol). Uji-*t* ini memiliki uji prasyarat analisis yang harus dipenuhi yaitu uji normalitas dan uji homogenitas varians.

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk melihat apakah sebaran data terdistribusi normal atau tidak. Pengolahan data menggunakan program *Excel 2007* dan diinterpretasikan menjadi grafik menggunakan program *Origin 6.1* dengan memilih analisis *fit Gaussian*.

2. Uji Kesamaan Varian (*homogenitas*)

Prinsip uji ini adalah melihat perbedaan variasi kedua kelompok data, sehingga perlu informasi apakah varian kedua kelompok yang diuji sama atau tidak dengan menggunakan *Uji Homogenitas Varian* atau *Uji F* (Sugiyono, 2010: 140):

$$F = \frac{S^2_{\text{terbesar}}}{S^2_{\text{terkecil}}}$$

Hipotesis:

- H_0 = varian tidak homogen
- H_a = varian homogen

Pengambilan keputusan hipotesis berdasarkan F_{hitung} dan F_{tabel} dengan taraf signifikansi : $\alpha = 0,05$ adalah:

- Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka H_a diterima dan H_0 ditolak.
- Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_a ditolak dan H_0 diterima.

Bila kedua uji prasyarat di atas terpenuhi, maka dapat dilakukan *Uji Independent Sample t-Test*.

3. *Uji Independent Sample t-Test (Uji-t)*

Hipotesis:

a. Rata-rata tinggi batang

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata tinggi batang tanaman perlakuan dengan tanaman kontrol.

H_a = Ada perbedaan rata-rata tinggi batang tanaman perlakuan dengan tanaman kontrol.

b. Rata-rata diameter batang

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata diameter batang tanaman perlakuan dengan tanaman kontrol.

H_a = Ada perbedaan rata-rata diameter batang tanaman perlakuan dengan tanaman kontrol.

c. Rata-rata jumlah daun

H_0 = Tidak ada perbedaan rata-rata jumlah daun tanaman perlakuan dengan tanaman kontrol.

H_a = Ada perbedaan rata-rata jumlah daun tanaman perlakuan dengan tanaman kontrol.

Untuk menghitung nilai t digunakan persamaan berikut (Sudjana, 2002: 239):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (2.1)$$

dengan $s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$

dimana:

\bar{x}_1 = rata-rata tanaman kontrol

\bar{x}_2 = rata-rata tanaman perlakuan

n_1 = jumlah tanaman kontrol

n_2 = jumlah tanaman perlakuan

s_1^2 = variansi tanaman kontrol

s_2^2 = variansi tanaman perlakuan

Kriteria pengambilan keputusan berdasarkan t hitung dan t tabel dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ adalah:

- Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.
- Jika $t_{hitung} \geq t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Persamaan (2.1) digunakan bila $n_1 \neq n_2$ dan varian homogen. Harga t_{tabel} diperoleh dari t_{tabel} dengan besarnya derajat kebebasan (df) = $n_1 + n_2 - 2$.

Sedangkan untuk varian yang tidak homogen dan $n_1 \neq n_2$ digunakan rumus t sebagai berikut (Sugiyono, 2010: 138-139):

$$t_{hitung} = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]}} \quad (2.2)$$

Untuk persamaan (2.2) harga t_{tabel} diperoleh dari selisih harga t_{tabel} dengan besarnya derajat kebebasan (df)= n_1-1 dan $df= n_2-1$ dibagi dua dan kemudian ditambah harga t_{tabel} yang terkecil.

I. Kerangka Berpikir

Proses pembukaan stomata daun tidak hanya dipengaruhi oleh faktor alami, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh bunyi. Teknologi *sonic bloom* merupakan teknologi yang memadukan gelombang suara frekuensi tinggi antara 3.500 Hz-5.000 Hz dan nutrisi organik melalui daun, yang ditujukan untuk membuat tanaman tumbuh lebih baik sehingga mampu meningkatkan produktivitasnya. Mengadaptasi dari teknik *sonic bloom* tersebut, maka dilakukan penelitian terhadap tanaman kedelai (*Glycine max (L.) Merr*) dengan menggunakan sumber suara yang berasal dari bunyi anjing tanah (orong-orong). Tanaman kedelai diberi pemaparan bunyi anjing tanah dengan *peak frequency* $(2,9 \pm 0,1)10^3$ Hz. Frekuensi suara anjing tanah tersebut telah melalui analisis menggunakan program *Sound Forge 6.0* dan manipulasi menggunakan program *Adobe Audition 1.5*, selanjutnya disimpan dalam bentuk *MP3 file*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh pemaparan suara anjing tanah termanipulasi dengan *peak frequency* $(2,9 \pm 0,1)10^3$ Hz terhadap pembukaan stomata daun tanaman kedelai serta mengetahui pertumbuhan dan

peningkatan hasil panen tanaman kedelai yang diberi perlakuan bunyi dibandingkan dengan tanaman kontrol. Parameter pengukuran pertumbuhan tanaman kedelai meliputi: tinggi batang, diameter batang, dan jumlah daun.