

## **Respon Anatomis Jagung (*Zea mays* L.) ‘Sweet Boy-02’ pada Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman**

**Hafidha Asni Akmalia<sup>1\*</sup>, E. Suharyanto<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Program Studi Biologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

\*e-mail: akmalia1003@gmail.com

### **Abstract**

*The difference of environmental condition makes the change of anatomical structure related to its growth. This phenomenon gives an information about maize's adaptation. The aims of the research was to evaluate anatomical response of maize in different light and water treatment. This research used Randomized Completed Design with 3 regimes of light intensity ( L1 (63694); L2 (11408); L3(3897) Lux) and 3 regimes of watering (2 L/ 1,6 L/ and 1,2 L). Each combination was done with 3 replications. Maize was harvested in 75 days after treatment and the parts of plant including leaf, stem, and root were preserved using paraffin embedding method. The measured anatomical responses were leaf thickness; stomatal indeks; root and stem tracheal diameter. Data were analyzed by Anava and DMRT test with significance level of 5%. The results showed that the light intensity L1(63694 Lux) and watering W1(2 L) caused thicker leaf, the larger stomatal index and root's tracheal diameter. The leaf thickness was 368,67  $\mu\text{m}$ , stomatal index was 31,37 %, and root's tracheal diameter was 176,10  $\mu\text{m}$  in L1W1 treatment showing the value was the largest and different significantly than the other treatments. While, the stem's tracheal diameter was not significant because the stem was the last part of plant affected by the treatment.*

**Keywords :** *maize, Sweet Boy-02, anatomical response, adaptation.*

### **PENDAHULUAN**

Tanaman menghadapi perubahan kondisi lingkungan sekitar lebih berat daripada organisme yang dapat berpindah tempat seperti hewan. Hal ini dikarenakan tanaman tidak dapat menghindar dan mencari habitat yang cocok (Juenger, 2013) sehingga tanaman perlu melakukan adaptasi terhadap lingkungannya yang berubah (Trontin et al. 2011). Perubahan lingkungan seperti cekaman kekeringan menyebabkan adanya mekanisme adaptasi yang dilakukan tanaman meliputi perubahan proses fisiologis, morfologi, maupun struktur

anatominya. Menurut Trontin et al. (2011), kondisi kekeringan menyebabkan tanaman akan cenderung menutup stomata dan memaksimalkan penyerapan air agar kebutuhan air bagi tanaman terpenuhi. Selain itu, juga menekan tinggi tanaman dan luas permukaan daun serta menginduksi pemanjangan akar untuk peningkatan penyerapan air dalam tanah (Valdes et al. 2013). Trikoma dan kutikula pada daun juga dapat menjadi bentuk adaptasi yang penting terhadap kekeringan (Daubenmire, 1974).

Tanaman yang tidak berhasil beradaptasi untuk menyeimbangkan transpirasi dan penyerapan airnya akan mati apabila suhu yang ada melebihi batas yang dapat ditolerir tanaman sehingga adaptasi sangat penting dilakukan agar tanaman tetap bertahan hidup. Akumulasi perubahan-perubahan yang terjadi pada tanaman pada titik tertentu akan mendorong terbentuknya fenotip tanaman yang berbeda dengan tanaman yang tumbuh pada kondisi normal. Fenotip yang terbentuk merupakan hasil interaksi antara genetik dan lingkungan sekitar tanaman tumbuh. Hal ini menunjukkan adanya adaptasi yang merupakan kemampuan makhluk hidup untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan agar tetap bertahan hidup (Yatim, 2007).

Tanaman jagung merupakan tanaman yang memiliki distribusi yang luas dari daerah tinggi sampai rendah. Kedua daerah tersebut memiliki karakteristik lingkungan yang berbeda akibat perbedaan kondisi abiotik seperti intensitas cahaya dan ketersediaan air. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi diiringi ketersediaan air yang rendah membuat tanaman menghadapi cekaman kekeringan. Dampak lebih lanjut, cekaman kekeringan dapat menurunkan tingkat produktivitas tanaman (Edreira et al. 2012) baik secara kuantitas maupun

kualitas (Jia et al. 2011; Mercer et al. 2012; Stagnari et al. 2014).

Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh perbedaan intensitas cahaya dan penyiraman terhadap respon anatomis tanaman jagung. Adaptasi anatomis dari organ daun, akar, dan batang tanaman jagung penting diketahui karena menunjukkan informasi bagaimana tanaman jagung mempertahankan kehidupannya. Perubahan karakter anatomi dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman misalnya banyaknya stomata yang terbentuk akan mempengaruhi jumlah CO<sub>2</sub> yang masuk sementara trikومات dapat mempengaruhi laju transpirasi tanaman. Hal ini tentu saja mengakibatkan perubahan fisiologi dalam tanaman sehingga pada kondisi yang berbeda akan memunculkan fenotip yang berbeda pula.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Bahan penelitian yang akan digunakan antara lain biji jagung 'Sweet Boy-02' produksi PT BISI International Tbk Jawa Timur, media tanam (tanah dan pupuk kandang), lem alteco untuk preparasi preparat stomata pada epidermis bawah daun jagung. Bahan pembuatan preparat anatomi daun, akar dan batang meliputi

alkohol 70 %; 80 %; 95%; 100%, xilol, parafin, 1% safranin O, gliserin-albumin, dan balsam Kanada.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah polibag ukuran 10 x 10 cm dan 40 x 40 cm, paraset 50% berwarna hitam, bambu, plastik UV, meteran. Alat untuk mengukur kondisi abiotik meliputi luxmeter LX-107, *pH* meter model DM-15, altimeter Hattori. Alat untuk pembuatan preparat anatomi meliputi petridish, oven, gelas benda, gelas penutup, mikrotom putar Shibuya Optical. Alat untuk pengamatan preparat anatomi meliputi mikrometer objektif, mikroskop cahaya NIKON, dan Optilab.

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2014 sampai April 2015. Penanaman dilakukan di Sawit Sari, Yogyakarta. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dengan 3 faktor intensitas cahaya (63694 Lux, 11408 Lux, dan 3897 Lux) dan penyiraman (2 L/ 1,6 L/ dan 1,2 L).

### **Penanaman dan Perlakuan**

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 3:1. Media tanam selanjutnya dimasukkan ke dalam polibag sebanyak 10 kg. Benih jagung berumur 6 hari (tinggi 7

cm dengan 2 helai daun) ditanam dan diberi perlakuan sampai tanaman berumur 75 hari.

### **Pengamatan Parameter Anatomis**

Parameter yang diukur meliputi tebal daun serta indeks stomata dengan daun yang digunakan adalah daun ke-6 dari pangkal batang. Tebal daun yang diukur berjarak 200  $\mu$ m dari tulang daun utama. Parameter diameter trakea batang yang diukur merupakan bagian perifer dengan batang yang digunakan adalah ruas batang berjarak 1,5 cm dari dasar malai. Parameter diameter trakea akar menggunakan potongan akar dengan jarak 3 cm dari ujung akar.

Penentuan tebal daun, diameter trakea akar, dan batang dilakukan dengan cara membuat preparat awetan penampang melintang menggunakan metode *paraffin embedding* menurut metode yang dikembangkan Ruzin (1999), tanpa modifikasi meliputi tahapan fiksasi, pencucian dan dehidrasi, infiltrasi, *embedding*, pengirisan, perekatan, pewarnaan dan penutupan. Preparat anatomi yang diperoleh selanjutnya diamati di bawah mikroskop cahaya yang dihubungkan dengan Optilab dan menggunakan program *Image Raster* sebagai aplikasi untuk pengukuran.

Pembuatan preparat stomata dilakukan dengan cara plastik transparansi

diolesi lem alteco kemudian direkatkan pada epidermis bawah daun. Penghitungan indeks stomata dihitung berdasarkan rumus perbandingan jumlah stomata dengan jumlah sel epidermis dan stomata dikali 100%.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa penurunan intensitas cahaya secara signifikan menyebabkan penurunan indeks stomata epidermis bawah daun jagung. Semakin turun intensitas cahaya maka semakin kecil pula nilai indeks stomata. Indeks stomata terbesar terdapat pada perlakuan L1W1 yakni 31,37 % dan indeks stomata terkecil terdapat pada perlakuan L3W3 yakni 18,70%.

Peningkatan intensitas cahaya pada L1 dan L2 menyebabkan bertambahnya jumlah sel stoma maupun epidermis

sehingga indeks stomata yang dihasilkan pun lebih besar. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Turner (1970); Fernandez & Mujica (1973); Gay & Hurd (1975); Turner & Singh (1984); serta O’Carrigan et al. (2014) yang menyatakan bahwa peningkatan intensitas cahaya menyebabkan peningkatan jumlah maupun indeks stomata.

Hasil ini menunjukkan bahwa cahaya kemungkinan berperan penting untuk pembentukan stomata terkait regulasi gen pembentuk stomata (Casson & Gray 2007). Reseptor cahaya yakni fitokrom dan kriptokrom bertanggungjawab dalam pengaktifan gen-gen untuk fotomorfogenesis salah satunya adalah gen untuk pembentukan dan perkembangan stoma (Yamamoto et al. 1998; Kang et al. 2009).

**Tabel 1.** Rerata Indeks Stomata (%) Epidermis Bawah Daun Jagung Akibat Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman

Intensitas Cahaya	Penyiraman			Rata-rata
	W1	W2	W3	
L1	31.37 <sup>d</sup>	24.54 <sup>c</sup>	22.96 <sup>c</sup>	26.29 <sup>r</sup>
L2	23.32 <sup>c</sup>	21.38 <sup>b</sup>	19.98 <sup>ab</sup>	21.56 <sup>q</sup>
L3	20.04 <sup>ab</sup>	19.19 <sup>a</sup>	18.70 <sup>a</sup>	19.31 <sup>p</sup>
<b>Rata-rata</b>	24.91 <sup>z</sup>	21.70 <sup>y</sup>	20.55 <sup>x</sup>	(+)

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom setiap nomor yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada uji Duncan taraf 5%. (+) : ada interaksi antar perlakuan

Kriptokrom (CRY) dan fitokrom (phyA dan phyB) akan aktif apabila terpapar cahaya sehingga dapat menghambat ekspresi gen COP1 yang merupakan gen penghambat pembentukan stoma (Yamamoto et al. 1998). Inaktifnya gen COP1 akan menyebabkan bekerjanya fungsi gen SPCH (berperan dalam diferensiasi sel protodermal menjadi meristemoid), MUTE (menginduksi pembelahan asimtris meristemoid menjadi sel induk penjaga/GMC dan membatasi jumlah pembelahan meristemoid), serta FAMA (menginduksi pembelahan simetris GMC menjadi 2 sel penjaga) sehingga terbentuk stoma (Casson & Gray 2007; Kang et al. 2009).

Selain faktor cahaya, cekaman kekeringan juga dapat menurunkan indeks stomata seperti yang terlihat pada Tabel 1 sekalipun tidak semua perlakuan menunjukkan beda nyata. Penurunan indeks stomata yang tidak signifikan pada tanaman W2 terhadap tanaman W3 baik di bawah intensitas L1 maupun L2. Selain itu, indeks stomata tanaman-tanaman W1, W2, dan W3 di bawah intensitas L3 juga tidak beda nyata satu sama lain. Suhu lingkungan tanaman-tanaman dengan intensitas cahaya L2 dan L3 lebih rendah sehingga sekalipun diberikan volume penyiraman yang sedikit, tanah tetap lembap. Ini menunjukkan bahwa

ketersediaan air tanah cukup sehingga tidak terjadi penurunan indeks stomata yang signifikan. Sekalipun demikian, tetap terjadi kecenderungan penurunan indeks stomata seiring dengan penurunan volume penyiraman.

Penelitian oleh Xu & Zhou (2008), pada *Leymus chinensis* (sejenis rerumputan) juga menunjukkan penurunan jumlah stomata yang mempengaruhi besaran indeks. Air diduga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi pembentukan stoma melalui mekanismenya dalam menghambat pembentukan stoma. Pada *Arabidopsis* sp, faktor transkripsi GTL1 meregulasi pembentukan stoma bersama-sama dengan gen SDD1 (Yoo et al. 2010). Ekspresi GTL1 dihambat oleh cekaman kekeringan dan diinduksi oleh ketersediaan air yang cukup. Cekaman kekeringan menurunkan ekspresi faktor transkripsi GTL1 sehingga gen SDD1 aktif untuk menghambat pembentukan stoma. SDD1 adalah gen yang menghambat pembelahan sel stoma dan distribusinya (Casson & Gray 2007).

Pada Tabel 2 dapat terlihat bahwa tebal daun pada intensitas cahaya L1 lebih besar daripada daun yang terpapar intensitas cahaya L2 dan L3. Semakin tinggi intensitas cahaya menyebabkan daun semakin tebal dimana pada perlakuan L1W1 memiliki daun tertebal yakni 368,67

µm sedangkan perlakuan L3W3 memiliki daun tertipis yakni 187,10 µm. Tebal daun pada intensitas cahaya L1 dan L2 lebih besar secara signifikan daripada tebal daun pada intensitas cahaya L3 dikarenakan intensitas cahaya tinggi menyebabkan laju fotosintesis maksimal dan dapat menyediakan fotosintat dalam bentuk sukrosa yang berpengaruh dalam ukuran sel.

Sel-sel penyusun daun pada tanaman di bawah intensitas cahaya L1 lebih tebal karena sukrosa hasil fotosintesis dapat menjadi stimulator pembesaran ukuran sel. Hal ini dikarenakan keberadaan sukrosa dapat meningkatkan potensial osmotik sel sehingga mengakibatkan air akan masuk ke dalam sel dan tekanan turgor pun membesar. Lebih lanjut, ukuran sel akan membesar (Wang & Ruan 2013), sehingga daun menjadi lebih tebal pada intensitas cahaya tinggi dibandingkan pada intensitas cahaya rendah. Chabot & Chabot (1977) dan Jurik

et al. (1982), berpendapat bahwa di bawah intensitas cahaya tinggi, mesofil menebal sehingga dapat mempengaruhi tebal daun. Hal ini dikarenakan daun yang terpapar intensitas cahaya tinggi memiliki ukuran sel-sel penyusun mesofil lebih besar serta jumlahnya lebih banyak dibandingkan daun yang terpapar intensitas cahaya rendah sehingga daunnya menjadi lebih tebal (Wilson & Cooper 1969).

Tabel 2 menunjukkan bahwa penyiraman mempengaruhi ketebalan daun secara nyata. Semakin sedikit volume penyiraman menyebabkan penurunan ketebalan kecuali pada tebal daun L3W2 dan L3W3 yang tidak berbeda. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh perbedaan penyiraman dibawah intensitas cahaya rendah L3 tidak menjadi cekaman yang dapat menurunkan tebal daun. Secara umum, cekaman kekeringan cenderung menurunkan tebal daun.

**Tabel 2.** Rerata Tebal Daun (µm) Jagung Akibat Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman

Intensitas Cahaya	Penyiraman			Rata-rata
	W1	W2	W3	
L1	368.67 <sup>h</sup>	363.00 <sup>g</sup>	343.66 <sup>f</sup>	358.45 <sup>r</sup>
L2	267.40 <sup>e</sup>	263.66 <sup>d</sup>	258.40 <sup>c</sup>	263.16 <sup>q</sup>
L3	196.90 <sup>b</sup>	187.70 <sup>a</sup>	187.10 <sup>a</sup>	190.57 <sup>p</sup>
<b>Rata-rata</b>	277.66 <sup>z</sup>	271.46 <sup>y</sup>	263.06 <sup>x</sup>	(+)

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom setiap nomor yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada uji Duncan taraf 5%. (+) : ada interaksi antar perlakuan

Hal ini terjadi sebagai akibat dari penurunan air jaringan daun sehingga daun mengalami penurunan turgor dan ukuran sel berkurang. Pada daun tanaman alpokat terjadi penurunan tebal daun dan epidermis sebagai respon terhadap kekeringan (Chartzoulakis et al. 2002).

Trakea merupakan salah satu unsur xilem yang penting untuk transportasi air dan nutrient dari akar menuju daun. Perubahan karakter trakea seperti diameter biasanya terjadi sebagai akibat dari pengaruh lingkungan yang ekstrim. Perubahan diameter trakea pada akar dan batang tanaman jagung sebagai akibat dari perbedaan intensitas cahaya dan ketersediaan air memiliki kecenderungan yang tidak sama (Tabel 3).

Pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin menurun intensitas cahaya maka diameter trakea akar semakin mengecil. Diameter trakea akar terbesar terdapat pada perlakuan L1W1 yaitu 176,10  $\mu\text{m}$

sementara diameter trakea akar terkecil yakni 90,77  $\mu\text{m}$  terdapat pada perlakuan L3W3.

Penurunan intensitas cahaya akan menurunkan suhu lingkungan. Hasil penelitian ini tidak sejalan apabila dikaitkan dengan penelitian Kiel & Stamp (1992), dimana pada tanaman jagung yang tumbuh pada suhu rendah memiliki diameter trakea yang lebih besar. Perbedaan kultivar jagung dapat menjadi penyebab mengapa respon anatomis akar tanaman jagung terhadap intensitas cahaya berbeda. Sekalipun hasil ini tidak sesuai dengan penelitian di atas, namun hasil penelitian Doley (1979), pada spesies *E. grandis* juga mendapatkan hasil bahwa diameter trakea pada tanaman yang ternaungi lebih kecil daripada tanaman yang terpapar cahaya. Begitu pula hasil penelitian Cochard et al. (1999) pada tanaman *Fagus* dan Gebauer et al. (2012) pada cemara.

**Tabel 3.** Rerata Diameter Trakea ( $\mu\text{m}$ ) Akar Jagung Akibat Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman

Intensitas Cahaya	Penyiraman			Rata-rata
	W1	W2	W3	
L1	176.10 <sup>h</sup>	134.70 <sup>g</sup>	109.97 <sup>e</sup>	140.26 <sup>q</sup>
L2	220.70 <sup>i</sup>	125.10 <sup>f</sup>	104.83 <sup>d</sup>	150.21 <sup>r</sup>
L3	92.07 <sup>c</sup>	76.80 <sup>b</sup>	57.50 <sup>a</sup>	75.46 <sup>p</sup>
<b>Rata-rata</b>	162.96 <sup>z</sup>	112.20 <sup>y</sup>	90.77 <sup>x</sup>	(+)

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom setiap nomor yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada uji Duncan taraf 5%.%. (+) : ada interaksi antar perlakuan

Menurut Doley (1979) dan Gebauer et al. (2012), hal ini dimungkinkan karena berkurangnya fotosintat sehingga menghambat perkembangan trakea. Sel inisial xilem yang kekurangan energi akan mengalami penghambatan pertumbuhan sel sehingga sel yang dihasilkan lebih kecil.

Cekaman kekeringan ternyata juga berpengaruh nyata terhadap penurunan diameter trakea akar. Parameter ini semakin mengecil seiring dengan penurunan volume penyiraman. Menurut Baruch dan Merida (1999), perubahan karakter anatomi pada akar yang terjadi di suatu lingkungan tertentu merupakan salah satu bentuk adaptasi. Penurunan diameter trakea merupakan respon yang umum terjadi terhadap kekeringan (Bauerle et al. 2011) seperti penelitian oleh Wilson dan Jackson (2006), pada spesies *Juniperus*; Makbul et al. (2011), pada kedelai; dan Baurle et al.

(2011), pada apel. Dengan penurunan diameter trakea akar maka air dalam tanah yang sedikit dapat diserap menggunakan tekanan yang besar dibandingkan bila diameter trakeanya besar sehingga lebih efektif dan efisien dalam penyerapan air. Menurut Lovisolo & Schubert (1998), pengecilan diameter trakea ini sebagai adaptasi untuk mengontrol aliran air. Pada kondisi kekeringan, air beserta udara juga masuk ke dalam trakea. Keberadaan udara dapat menjadi gelembung udara yang dapat menghambat aliran air sehingga dengan menurunnya diameter trakea dapat meminimalisasi terbentuknya gelembung udara yang besar.

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa diameter trakea batang cenderung berkurang akibat penurunan intensitas cahaya.

**Tabel 4.** Rerata Diameter Trakea ( $\mu\text{m}$ ) Batang Jagung Pada Perlakuan Perbedaan Intensitas Cahaya dan Penyiraman

Intensitas Cahaya	Penyiraman			Rata-rata
	W1	W2	W3	
L1	47.50 <sup>b</sup>	47.33 <sup>b</sup>	47.77 <sup>b</sup>	47.53 <sup>q</sup>
L2	45.67 <sup>ab</sup>	46.70 <sup>b</sup>	47.23 <sup>b</sup>	46.53 <sup>q</sup>
L3	44.17 <sup>a</sup>	45.00 <sup>ab</sup>	43.57 <sup>a</sup>	44.25 <sup>p</sup>
<b>Rata-rata</b>	45.78 <sup>x</sup>	46.34 <sup>x</sup>	46.19 <sup>x</sup>	(+)

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom setiap nomor yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan pada uji Duncan taraf 5%. (+) : ada interaksi antar perlakuan



Akan tetapi, penurunan yang nyata hanya terjadi pada tanaman yang tumbuh di bawah intensitas cahaya L3 sedangkan tanaman di bawah intensitas cahaya L1 dan L2 tidak mengalami perubahan diameter trakea batang yang nyata. Sementara itu, diameter trakea batang juga tidak terpengaruh dengan cekaman kekeringan pada semua perlakuan. Hal ini diduga karena organ tanaman jagung yang terkena cekaman intensitas cahaya langsung adalah daun sedangkan akar merespon terhadap cekaman kekeringan sehingga organ batang cenderung tidak mengalami efek cekaman.

Menurut Taiz & Zeiger (2002), selain respon anatomis terdapat pula respon fisiologis akar saat tercekam kekeringan yakni terjadi pemanjangan akar. Hal ini terjadi karena hasil asimilasi akan ditranslokasikan ke akar untuk pemanjangan akar sebagai adaptasi untuk mencari air. Hal ini menunjukkan bahwa organ batang tidak mengalami cekaman langsung seperti daun dan akar.

## **KESIMPULAN**

Respon anatomis daun terhadap peningkatan intensitas cahaya dan penyiraman yakni indeks stomata epidermis bawah besar dan daun lebih tebal dimana indeks stomata terbesar yaitu 31,37 %, dan daun tertebal 368,67  $\mu\text{m}$  terdapat pada

perlakuan L1W1. Pada akar terjadi peningkatan diameter trakea dengan diameter trakea terbesar terdapat pada perlakuan L1W1 yakni 176,10  $\mu\text{m}$ . Diameter trakea batang ternyata tidak terpengaruh intensitas cahaya dan penyiraman secara signifikan ditandai dengan nilai parameter yang hampir sama pada semua perlakuan.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Terimakasih ditujukan pada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas dana penelitian yang diberikan melalui Beasiswa Pascasarjana. Selain itu terimakasih kepada laboran Laboratorium Struktur dan Perkembangan Tumbuhan serta Laboratorium Mikroteknik, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada atas bantuannya selama penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Baruch, Z., and Merida, T. 1999. Effects of drought and flooding on root anatomy in four tropical forage grasses. *International Journal of Plant Sciences*. 156 (4) : 514-521.
- Bauerle, T.L., Centinari, M, and Bauerle, W.L. 2011. Shifts in xylem vessel diameter and embolism in grafted apple trees of differing rootstock

- growth potential in response to drought. *Planta*. 234 (5) : 1045-1054.
- Casson, S., and Gray, J.E. 2007. Influence of environmental factors on stomatal development. *New Phytologist*. 178 (1) : 9-23.
- Chabot, B.F., and Chabot, J.F. 1977. Effects of light and temperature on leaf anatomy and photosynthesis in *Fragaria vesca*. *Oecologia*. 26 (4) : 363-377.
- Chartzoulakis, K., Patakas, A., Kofidis, G., Bosabalidis, A., and Nastou, A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. *Scientia Horticulturae*. 95 : 39-50.
- Cochard, H., Lemoine, D., dreyer, E. 1999. The effects of acclimation to sunlight on the xylem vulnerability to embolism in *Fagus sylvatica* L. *Plant Cell Environment*. 22 : 101-108.
- Daubenmire, R.F. 1974. *Plants and Environment 3<sup>rd</sup> Edition*. John Wiley and Sons, Inc Canada. Pp. 228-230.
- Doley, D. 1979. Effects of shade on xylem development in seedlings of *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. *New Phytologist*. 82 (2) : 545-555.
- Edreira, J.I., and Otegui, M.E. 2012. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids : Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research*. 130 : 87-98.
- Fernandez, O.A., and Mujica, B. 1973. Effects of some environmental factors on the differentiation of stomata in *Spirodela intermedia* W.Koch. *Botanical Gazette*. 134 (2) : 117-121.
- Gay, A.P., and Hurd, R.G. 1975. The influence of light on stomatal density in the tomato. *New Phytologist*. 75 : 37-46.
- Gebauer, R., Volarik, D., Urban, H., Borja, I., Nagy, N.E., Eldhuset, T.D. Krokene, P. 2012. Effects of different light conditions on the xylem structure of Norway spruce needle. *Trees*. 26 : 1079-1089.
- Jia, S., Li, C., Dong, S., and Zhang, J. 2011. Effects of shading at different stages after anthesis on maize grain weight and quality at cytology level. *Agricultural Sciences in China*. 10 (1) : 58-69.
- Jurik, T.W., Chabot, J.F, and Chabot, B.F. 1982. Effects of light and nutrients on leaf size, CO<sub>2</sub> exchange, and anatomy in wild strawberry (*Fragaria Virginia*). *Plant Physiology*. 70 : 1044-1048.
- Kang, C.Y., Lian, H.L., Wang, F.F., Huang, J.R., and Yang, H.Q. 2009. Cryptochrome, phytochrome, and

- COP1 regulate light-controlled stomatal development in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*. 21 : 2624-2641.
- Kiel, C., and Stamp, P. 1992. Internal root anatomy of maize seedlings (*Zea mays L.*) as influenced by temperature and genotype. *Annals of Botany*. 70 (2) : 125-128.
- Lovisolo, C., and Schubert, A. 1998. Effects of water stress on vessel xylem size and xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera L.* *Journal of Experimental Botany*. 49 (321) : 693-700.
- Makbul, S., Guler, N.S., Durmus, N., Guven, S. 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. *Turki Journal of Botany*. 35 : 369-377.
- Mercer, K.L., Perales, H.R., and Wainwright, J.D. 2012. Climate change and the transgenic adaptation strategy : Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environmental Change*. 22 : 495-504.
- O'Carrigan, A., Hinde, E., Lu, N., Xu, X-Q., Duan, H., Huang, G., Mak, M., Bellotti, B., and Chen, Z-H. 2014. Effects of light irradiance on stomatal regulation and growth of tomato. *Respon Anatomis Jagung (Zea mays L.) Environmental and Experimental Botany*. 98 : 65-73.
- Ruzin, S.E. 1999. *Plant Microtechnique and Microscopy*. Oxford University Press, Inc. Pp. 2.
- Stagnari, F., Galieni, A., Specca, S., and Pisante, M. 2014. Water stress effects on growth, yield and quality traits of red beet. *Scientia Horticulturae*. 165 : 13-22.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2002. *Plant Physiology Third Edition*. Sinauer Associates, Inc. Publisher. Sunderland, Massachusetts. Pp. 133, 375-403, 567.
- Trontin, C., Tisne, S., Bach, L., and Loudet, O. 2011. What does *Arabidopsis* natural variation teach us (and does not teach us) about adaptation in plants? *Current Opinion in Plant Biology*. 14 : 225-231.
- Turner, N.C. 1970. Response of adaxial and abaxial stomata to light. *New Phytologist*. 69 : 647-653.
- Turner, N.C., and Singh, D.P. 1984. Response of adaxial and abaxial stomata to light and water deficits in sunflower and sorghum. *New Phytologist*. 96 : 187-195.
- Valdes, A.E., Irar, S., Majada, J.P., Rodriguez, A., Fernandez, B., and Pages, M. 2013. Drought tolerance acquation in *Eucalyptus globulus*

- (Labill.) : A research on plant morphology, physiology and
- Wang, L., and Ruan, Y.L. 2013. Regulation of cell division and expansion by sugar and auxin signaling. *Frontiers in Plant Sciences*. 4 (163) : 1-9.
- Wilson, C.J., and Jackson, R.B. 2006. Xylem cavitation caused by drought and freezing stress in four co-occurring *Juniperus* species. *Physiologia Plantarum*. 127 : 374-382.
- Xu, Z., and Zhou, G. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of Experimental Botany*. 59 (12) : 3317-3325.
- Yamamoto, Y.Y., Matsui, M., Ang, L-H., and Deng, X-W. 1998. Role of a proteomics. *Journal of Proteomics*. 75 : 263-276.
- COP1 interactive protein in mediating light-regulated gene expression in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*. 10 (7) : 1083-1094.
- Yatim, Wildan. 2007. *Kamus Biologi*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.
- Yoo, C.Y., Pence, H.E., Jin, J.B., Miura, K., Gosney, M.J., Hasegawa, P.M., and Mickelbart, M.V. 2010. The *Arabidopsis* GTL1 transcription factor regulates water use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density via tranpression of *SDD1*. *The Plant Cell*. 22 : 4128-4141.