

PENGARUH KEKERINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN NYAMPLUNG (*Callophylum inophyllum* L.) DAN JOHAR (*Cassia florida* Vahl.) DARI PROVENAN YANG BERBEDA
*The effect of drought on growth and development of nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) and johar (*Cassia florida* Vahl.) plant from the different provenance*

Nur Hidayati¹, Rina Laksmi Hendrati¹, Arie Triani², dan Sudjino²

¹Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
email: inunghidayati@yahoo.com

²Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
Jl. Teknik Selatan, Sekip Utara, Yogyakarta, Indonesia

Tanggal diterima: 8 Agustus 2016, Tanggal direvisi: 10 November 2016, Disetujui terbit: 26 Oktober 2017

ABSTRACT

*Nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) and johar (*Cassia florida* Vahl.) are alternative plants that are resistant to drought. Global warming that occurred in the last few years caused extreme climate change, one of which is drought. The purpose of this research were to examine and determine the growth and development of plants and the response of morphology, physiology, and anatomy of these plants to drought condition, and adaptive species to drought. This research used drought stress treatment for 10 days, 20 days, 30 days, and 40 days, while control plants were watered every 2 days. Each treatment used 3 replications. Parameters observed were plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, proline levels, plant water content, total dry weight, root dry weight, stomata index, root anatomy, anatomy of stem, and leaf anatomy. Physiological data obtained were analyzed using T-test. The results showed that plants responded to drought stress by decreasing plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, root dry weight, total dry weight, water content of plants, transpiration rate, stomata index, root cortex thickness, leaf mesophyll thickness, leaf phloem thickness, other wise occurred increasing level of proline, root epidermis thickness, stem xylem diameter, stem cortical thickness and leaf xylem thickness. Johar plant was more adaptive plant to drought stress than nyamplung plant.*

Keywords: *morphology, physiology, anatomy, adaptive*

ABSTRAK

Tanaman nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) dan tanaman johar (*Cassia florida* Vahl.) merupakan tanaman alternatif yang tahan terhadap kekeringan. Kekeringan merupakan salah satu akibat perubahan iklim yang ekstrim yang disebabkan oleh pemanasan global. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta respon morfologi, fisiologi, dan anatomi tanaman tersebut pada kondisi kekeringan, serta untuk mengetahui spesies yang lebih adaptif terhadap kekeringan. Penelitian ini menggunakan perlakuan cekaman kekeringan selama 10 hari, 20 hari, 30 hari, dan 40 hari. Tanaman kontrol disiram setiap 2 hari sekali. Masing-masing perlakuan menggunakan 3 ulangan. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, kadar prolin, kadar air tanaman, berat kering total, indeks stomata, anatomi akar, anatomi batang, dan anatomi daun. Data fisiologis yang diperoleh dianalisis menggunakan uji T. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman merespon cekaman kekeringan berupa penurunan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, berat kering akar, berat kering total, kadar air tanaman, indeks stomata, tebal korteks akar, tebal mesofil daun, dan tebal floem daun, sebaliknya terjadi peningkatan kadar prolin, tebal epidermis akar, diameter xilem batang, tebal korteks batang, dan tebal xilem daun. Tanaman johar merupakan tanaman yang lebih adaptif terhadap cekaman kekeringan dibandingkan tanaman nyamplung.

Kata kunci: *morfologi, fisiologi, anatomi, adaptif*

I. PENDAHULUAN

Perubahan kondisi rata-rata parameter iklim bisa menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Perubahan iklim tidak terjadi secara

mendadak (dalam waktu singkat), tetapi secara perlahan dalam kurun waktu yang cukup panjang antara 50 - 100 tahun. Perubahan iklim terjadi karena proses pemanasan global, dengan

meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi sebagai akibat akumulasi panas yang tertahan di atmosfer. Akumulasi panas terjadi akibat adanya efek rumah kaca di atmosfer bumi (Baligntan, 2014). Perubahan iklim yang disebabkan pemanasan global memunculkan berbagai kondisi ekstrim, salah satunya adalah kondisi cekaman kekeringan (Triani, 2013). Tidak semua spesies tanaman memiliki kemampuan yang sama untuk bertahan hidup dalam menghadapi kondisi kekeringan, sehingga tanaman perlu beradaptasi terhadap lingkungan untuk mempertahankan kehidupannya (Rehfeldt, Wykoff, & Ying, 2001). Perubahan iklim berpengaruh besar terhadap keanekaragaman hayati. Pengaruh langsung pada keanekaragaman hayati yaitu perubahan fenologi, perubahan kelimpahan dan distribusi spesies, perubahan komunitas, dan perubahan proses ekosistem. Perubahan dari proses ekosistem dapat berdampak pada biodiversitas dan jasa ekosistem (Mitchell et al., 2007).

Akhir-akhir ini, perubahan iklim seperti peningkatan temperatur yang berkaitan dengan peningkatan kadar CO₂ atmosfer mulai diperhatikan oleh kalangan nasional maupun internasional. Perubahan iklim sangat mempengaruhi keberadaan vegetasi baik jumlah, jenis maupun sebarannya. Toleransi terhadap kondisi ekstrim dibutuhkan agar organisme dapat beradaptasi terhadap kondisi tersebut. Tanaman memiliki derajat toleransi yang tidak sama dalam menghadapi kondisi ekstrim, sehingga bagi tanaman yang tidak mampu beradaptasi maka akan menyebabkan kepunahan spesies tersebut. Setiap tumbuhan memiliki tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap perubahan lingkungan yang terjadi (Allen et al., 2010).

Tanaman nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) dan johar (*Cassia florida* Vahl) merupakan jenis tanaman di daerah kering. Penelitian ini penting dilakukan untuk menguji dan mengetahui daya adaptasi tanaman yang ditumbuhkan pada kondisi lingkungan ekstrim

khususnya yang memiliki ketersediaan air yang terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui respon pertumbuhan dan perkembangan tanaman nyamplung provenan Baluran dan Madura serta johar provenan Bondowoso dan provenan NTT terhadap kondisi kekeringan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan tempat

Penelitian dilaksanakan di persemaian Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPPBPTH) Yogyakarta. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2013 sampai bulan Juni 2013.

B. Bahan dan alat penelitian

Bahan tanaman yang digunakan adalah bibit nyamplung provenan Baluran dan Madura serta bibit johar provenan NTT dan Bondowoso. Masing-masing provenan berjumlah 24 bibit. Bahan yang digunakan untuk eksperimen antara lain adalah tanah, kompos, prolin, asam asetat glasial, asam sulfosalisilat 3%, asam fosforat, toluene, asam Ninhydrin, akuades, alkohol 70%, gliserin dan pewarna safranin.

Alat yang diperlukan yaitu, *polybag*, timbangan digital, alat tulis, kertas label, oven, gelas beker, gelas benda, gelas penutup, mikroskop, mikrotom, desikator, mortar, mika, *hand counter*, kamera digital, *medline*, kertas *whatman* no. 1, termos, tabung reaksi, pipet, gelas piala, kuvet, kaliper, *millimeter block*, thermometer, lightmeter dan higrometer (Triani, 2013).

C. Metode pengamatan

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemilihan bibit umur 12 bulan untuk memperoleh tanaman yang seragam. Kemudian dilakukan pengukuran kapasitas lapang untuk memperoleh volume penyiraman. Tanah dalam *polybag* diletakkan di atas wadah dan disiram dengan air hingga menetes, selanjutnya didiamkan beberapa saat

sampai air tidak menetes dari *polybag*. Kapasitas lapang merupakan selisih antara volume siram dengan volume tetes.

Perlakuan yang diberikan dalam penelitian ini adalah dengan cara tidak disiram selama 10, 20, 30, dan 40 hari. Sedangkan tanaman kontrol disiram setiap 2 hari sekali. Penyiraman tanaman kontrol ditentukan berdasarkan kapasitas lapang yaitu 500 ml sebelum perlakuan dan 250 ml pada saat perlakuan. Pada 10 hari setelah perlakuan, 20 hari setelah perlakuan, 30 hari setelah perlakuan, dan 40 hari setelah perlakuan masing-masing perlakuan sebanyak 3 tanaman kontrol dan 3 tanaman cekaman kekeringan dipanen. Demikian pula pada setiap 10 hari sekali masing-masing tanaman diamati responnya (Triani, 2013). Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Pertumbuhan

Pengukuran pertumbuhan meliputi tinggi, diameter, jumlah daun, luas daun, berat basah dan berat kering akar, batang dan daun, dan analisa kadar prolin. Pengukuran tinggi diukur dari bagian batang yang berada di atas permukaan tanah sampai bagian titik tumbuh apikal. Pengukuran diameter batang dilakukan pada bagian yang terletak 1 cm di atas permukaan tanah dengan menggunakan kaliper. Daun yang dihitung adalah daun yang telah membuka dengan sempurna. Luas daun diukur menggunakan kertas milimeter blok, dengan menjumlahkan luas kotak yang telah ditandai. Pengukuran berat basah dilakukan dengan cara menimbang bagian tumbuhan (akar/batang/daun) yang masih segar. Pengukuran berat kering dilakukan dengan menimbang bagian tumbuhan (akar/batang/daun) yang telah dikeringkan menggunakan oven selama 48 jam pada suhu 80°C untuk menghilangkan air dan mencapai berat kering konstan. Pengambilan data pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap kali panen (setiap 10 hari sekali). Analisa kadar prolin menggunakan metode (Bates, Waldren, &

Teare, 1973). Akar ditumbuk sebanyak 0,5 g dalam larutan asam sulfosalisilat 3% sebanyak 10 ml kemudian disaring menggunakan kertas saring *whatman* No. 1, hasil saringan/filtrat dijadikan menjadi 10 ml dengan menambahkan sulfosalisilat 3%. Filtrat diambil sebanyak 2 ml dan direaksikan dengan 2 ml asam Ninhydrin. Filtrat yang telah direaksikan dengan asam Ninhydrin ditambah dengan 2 ml asam asetat glasial kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 1 jam. Tabung reaksi yang berisi filtrat dan telah dipanaskan dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi es. Campuran antara filtrat, Ninhydrin dan asam asetat glasial dicampur dengan 4 ml toluen dan digojog dengan *stirrer* selama 15-20 detik. Setelah digojog dengan *stirrer* maka akan terbentuk dua lapisan cairan dengan warna berbeda. Toluena berwarna merah yang mengandung prolin dipisahkan dengan corong pemisah dan diukur volumenya serta dibaca OD-nya dengan panjang gelombang 520 nm. Untuk Penghitungan kadar prolin dilakukan dengan pembuatan prolin standar dengan melarutkan 11,5 g prolin ($C_3H_9NO_2$) dalam 100 ml *toluene* sehingga diperoleh 1 M prolin. Selanjutnya dari larutan stok prolin 1 M dibuat larutan prolin dengan variasi konsentrasi prolin 0,0 M; 0,2 M; 0,4 M; 0,6 M; 0,8 M; dan 1 M (Triani, 2013).

2. Anatomi akar, batang dan daun

Preparat melintang akar, batang dan daun dibuat dengan menggunakan metode semi permanen. Proses pembuatan preparat dimulai dengan pemotongan bagian ujung akar, batang bagian pucuk serta daun yang tumbuh setelah perlakuan menjadi potongan-potongan yang berukuran kecil dan tipis. Potongan akar, batang dan daun ini disimpan dalam safranin selama 24 jam setelah dicuci dengan aquades. Dibersihkan dengan alkohol dan diletakkan di gelas benda. Kemudian, ditetesi dengan gliserin dan ditutup dengan gelas penutup. Parameter yang diamati meliputi tebal epidermis, tebal korteks, tebal *stele*, diameter xilem, dan tebal floem (Triani, 2013).

3. Indeks stomata daun

Pembuatan preparat sampel stomata daun dilakukan dengan cara permukaan daun bagian bawah diolesi lem alteco kemudian ditempeli dengan mika yang telah dipotong dengan ukuran 1,5 x 1,5 cm. Setelah kering, mika dilepaskan dari daun sehingga tampak cetakan daun sampelnya pada mika (Triani, 2013). Perhitungan indeks stomata dilakukan dengan menggunakan rumus berikut (Andini, 2011) :

$$\text{Index stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Jumlah stomata} + \text{Jumlah epidermis}} \times 100\%$$

D. Analisis data

Hasil yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji T pada taraf kepercayaan 95% antar kontrol dan perlakuan kekeringan, serta spesies dari dua provenan yang berbeda, dan data disajikan dalam bentuk gambar dan tabel antara hari 10, 20, 30, dan 40 periode kekeringan untuk mengetahui tingkat signifikansi antara 2 provenan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinggi dan diameter batang

Tanaman dengan perlakuan kekeringan, suplai air dari tanah berkurang yang mengakibatkan serapan air ke dalam tanaman melalui akar juga berkurang, sehingga kadar air pada semua organ tanaman mengalami

penurunan termasuk daun. Menurut (Akram, Ali, Sattar, Rehman, & Bibi, 2013) bahwa kekeringan menyebabkan laju fotosintesis menurun secara signifikan pada semua tahap pertumbuhan. Hal ini menyebabkan tanaman menjadi kerdil, nilai berat kering berkurang dan produktivitas tanaman menurun (Violita, 2007).

Hasil uji T terhadap tinggi tanaman antara kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-40 menunjukkan ada beda nyata antara kontrol dan perlakuan kekeringan (Tabel 1). Dapat disimpulkan bahwa cekaman kekeringan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman.

Uji T terhadap diameter batang antara kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran dan Madura, johar Bondowoso dan NTT hari ke-40 menunjukkan ada beda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan kekeringan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan diameter batang. Pertumbuhan sel merupakan fungsi tumbuhan yang paling sensitif terhadap kekurangan air. Nilai kandungan air jaringan meristem yang rendah, seringkali menyebabkan penurunan kandungan air yang dibutuhkan untuk pengembangan sel. Hal ini menyebabkan pengurangan dalam hal sintesis protein, sintesis dinding sel, dan pengembangan sel (Sharma & Fletcher, 2002).

Tabel 1. Tabel hasil uji T tinggi batang antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	0,323 (TS)	0,893 (TS)	0,866 (TS)	0,593 (TS)
20	1,097 (TS)	2,054 (TS)	1,940 (TS)	1,045 (TS)
30	1,847 (TS)	1,92 (TS)	3,880 (S)	1,857 (TS)
40	3,210 (S)	3,650 (S)	3,710 (S)	2,783 (S)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

Tabel 2. Tabel hasil uji T diameter batang antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	0,396 9 (TS)	0,082 (TS)	1,625 (TS)	1,703 (TS)
20	0,808 (TS)	0,583 (TS)	2,667 (TS)	2,758 (TS)
30	0,882 (TS)	1,116 (TS)	1,87 (TS)	3,076 (S)
40	3,254 (S)	7,241 (S)	6,294 (S)	3,642 (S)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

B. Jumlah dan luas daun

Berkurangnya jumlah dan luas daun pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan disebabkan karena usaha adaptasi tanaman untuk mengurangi kehilangan air melalui proses transpirasi.

Uji T terhadap jumlah daun antara kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung

Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT hari ke-40 menunjukkan ada beda nyata (Tabel 3). Dapat disimpulkan bahwa cekaman kekeringan menyebabkan penurunan jumlah daun tanaman nyamplung provenan Baluran dan Madura serta johar provenan Bondowoso dan NTT.

Tabel 3. Tabel hasil uji T jumlah daun antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	0 (TS)	0,243 (TS)	0,046 (TS)	0,259 (TS)
20	0,592 (TS)	1,369 (TS)	0,167 (TS)	1,623 (TS)
30	1,627 (TS)	2,829 (TS)	5,175 (S)	9,897 (S)
40	4,484 (S)	7,095 (S)	16,881 (S)	10,696 (S)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

Tabel 4. Tabel hasil uji T luas daun antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	0,798 (TS)	0,004 (TS)	0,465 (TS)	0,311 (TS)
20	2,177 (TS)	2,223 (TS)	0,516 (TS)	0,884 (TS)
30	2,119 (TS)	2,706 (TS)	1,728 (TS)	1,180 (TS)
40	3,003 (S)	2,885 (S)	4,007 (S)	2,891 (S)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

Uji T terhadap luas daun tanaman kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT hari ke-40 menunjukkan ada beda nyata antara kontrol dan perlakuan kekeringan (Tabel 4). Hal ini dapat disimpulkan bahwa cekaman kekeringan menyebabkan penurunan luas daun tanaman.

Turunnya luas daun pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan disebabkan karena keterbatasan air yang dapat mengakibatkan turunnya tekanan turgor sel. Selama tanaman mengalami cekaman kekeringan pertumbuhan dan perkembangan daun muda terhambat. Terjadi pengkerutan sel dan proses penuaan daun yang diikuti pengguguran daun tua, sehingga menyebabkan

reduksi area fotosintesis. Pada tanaman, daun berfungsi untuk absorpsi cahaya yang digunakan dalam fotosintesis. Dengan berkurangnya luas daun, akan berkurang pula absorpsi cahaya yang diterima tanaman. Keadaan tersebut akan menyebabkan turunnya laju fotosintesis sehingga produktivitas juga mengalami penurunan. Penurunan transpirasi dengan mengurangi jumlah stomata dan meningkatkan fotosintesis dengan cara meningkatkan kandungan klorofil merupakan salah satu karakter fisiologis yang berhubungan dengan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Oukarroum, Madidi, Schansker, & Strasser, 2007).

C. Kadar prolin

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan mengakumulasi senyawa yang berperan untuk penyesuaian osmotik. Prolin merupakan salah satu metabolit yang dapat digunakan sebagai indikator ketahanan terhadap kekeringan (Lakitan, 1993).

Uji T terhadap kadar prolin antara kontrol dan perlakuan kekeringan tanaman nyamplung Baluran dan Madura, johar Bondowoso dan NTT pada hari ke-40 menunjukkan ada beda

nyata antara keduanya (Tabel 5). Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan kekeringan meningkatkan kadar prolin pada tanaman.

Tanaman yang berada pada kondisi kekeringan akan terjadi penghambatan oksidasi prolin sehingga konsentrasinya pada tanaman semakin meningkat. Sejalan dengan pendapat (Maestri, Da Matta, Regazzi, & Barros, 1995) yang menyatakan bahwa kandungan prolin di akar akan meningkat bila tanaman mengalami cekaman kekeringan. Jumlah prolin yang meningkat dianggap merupakan indikasi toleransi terhadap cekaman kekeringan karena prolin berfungsi sebagai senyawa penyimpan N dan osmoregulator atau sebagai protektor enzim tertentu. Sel, jaringan atau tanaman yang over produksi prolin dianggap mempunyai sifat toleransi terhadap kekeringan yang lebih baik (Hamim, Sopandie, & Yusuf, 1996). Hasil studi pada tanaman karet menunjukkan perlakuan cekaman kekeringan menyebabkan peningkatan kandungan prolin dan malondialdehyde. Selain itu aktivitas enzim *peroksidase* dan *superoxide dismutase* (SOD) juga mengalami peningkatan (Wang, 2014).

Table 5. Tabel hasil uji T kadar prolin antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30,40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	189,46 (S)	2,113 (TS)	2,504 (TS)	2,280 (TS)
20	28,98 (S)	0,174 (TS)	9,172 (S)	5,15 (S)
30	2,886 (S)	3,270 (S)	6,307 (S)	5,6 (S)
40	2,875 (S)	2,812 (S)	3,090 (S)	5,538 (S)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

D. Kadar air dan berat kering total

Penurunan berat kering total pada tanaman yang mengalami kekeringan terkait erat dengan penurunan laju fotosintesis selama cekaman kekeringan baik pada tingkat satuan perluasan dan maupun fotosintesis total tanaman (Violita, 2007).

Uji T terhadap kadar air tanaman antara kontrol dan perlakuan kekeringan tanaman

nyamplung Baluran dan Madura, johar Bondowoso dan NTT pada hari ke-40 menunjukkan tidak ada beda nyata (Tabel 6). Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan kekeringan tidak menyebabkan penurunan kadar air tanaman nyamplung Baluran dan Madura serta johar Bondowoso dan NTT.

Uji T terhadap berat kering total antara tanaman kontrol dan perlakuan kekeringan

nyamplung Baluran dan Madura serta johar Bondowoso hari ke-40 menunjukkan ada beda nyata (Tabel 7). Dapat disimpulkan bahwa perlakuan kekeringan menyebabkan penurunan berat kering total nyamplung Baluran dan Madura serta johar Bondowoso. Perlakuan

kekeringan tidak menyebabkan penurunan berat kering total Johar NTT. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman johar NTT lebih adaptif terhadap cekaman kekeringan dibandingkan tanaman johar Bondowoso.

Tabel 6. Tabel hasil uji T kadar air tanaman antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	1,283 (TS)	0,783 (TS)	1,602 (TS)	1,077 (TS)
20	0,005 (TS)	1,220 (TS)	0,597 (TS)	0,802 (TS)
30	0,747 (TS)	3,398 (S)	2,788 (S)	2,494 (TS)
40	2,232 (TS)	2,100 (TS)	1,115 (TS)	1,273 (TS)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

Tabel 7. Uji T berat kering total antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	2,551 (TS)	1,119 (TS)	1,274 (TS)	0,570 (TS)
20	1,287 (TS)	3,319 (S)	0,841 (TS)	0,964 (TS)
30	1,837 (TS)	3,367 (S)	1,320 (TS)	2,186 (TS)
40	7,551 (S)	3,349 (S)	2,902(S)	1,600 (TS)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

Kekurangan air dapat menyebabkan penurunan produktivitas yang sangat drastis, dan dapat menjadi penyebab kematian pada tanaman. Penurunan penyerapan hara dan air oleh akar, menyebabkan suplai air yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman tidak terpenuhi, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Berdasarkan karakter berat kering total, tanaman johar NTT yang mengalami cekaman kekeringan tidak menyebabkan penurunan berat kering total tanaman dengan kata lain lebih adaptif dibandingkan dengan tanaman nyamplung Baluran, nyamplung Madura dan johar Bondowoso. Hal ini kemungkinan tanaman johar NTT mampu mempertahankan fotosintesis dalam keadaan relatif normal sehingga produktivitasnya tidak menurun secara drastis. Menurut (Hamim et al., 1996) tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan dapat mencegah terjadinya penurunan produksi yang

tajam dan mampu mempertahankan produktivitasnya relatif sama dengan tanaman dalam kondisi normal. Dengan demikian pada karakter berat kering total dapat disimpulkan bahwa johar NTT merupakan tanaman yang paling adaptif terhadap cekaman kekeringan.

E. Indeks stomata

Respon pertama tanaman dalam menanggapi kondisi defisit air yang parah ialah dengan cara menutup stomata (Mahajan & Tuteja, 2010). Penutupan atau penyempitan stomata menghambat proses fotosintesis, hal ini menyangkut transportasi air dalam tubuh tanaman dan menurunnya aliran karbondioksida pada daun (Zlatev & Lidon, 2012). Yohana, Sulistyaningsih, Dorly, dan Akmal, 1994 menyatakan bahwa ukuran dan kerapatan stomata berkaitan dengan ketahanan terhadap kekeringan. Pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan jumlah stomata mengalami

penurunan untuk mengurangi kehilangan air saat transpirasi.

Uji T terhadap indeks stomata antara kontrol dan perlakuan kekeringan tanaman nyamplung Baluran dan Madura hari ke-40 menunjukkan ada beda nyata (Tabel 8). Hal ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan kekeringan menyebabkan penurunan indeks stomata tanaman nyamplung dari kedua provenan. Uji T terhadap indeks stomata antara kontrol dan perlakuan kekeringan johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-40 menunjukkan tidak ada beda nyata. Disimpulkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan tidak menyebabkan penurunan indeks stomata tanaman johar

Bondowoso dan NTT. Dapat dikatakan bahwa tanaman johar Bondowoso dan NTT lebih adaptif terhadap kekeringan dibandingkan dengan nyamplung Baluran dan Madura. Hal ini sesuai dengan pendapat Mariska, Lestari, Sukmadjaja, dan Suardi (2004) yang menyatakan bahwa daun dengan indeks stomata rendah lebih tahan terhadap kekeringan dibandingkan daun dengan indeks stomata tinggi. Keadaan ini didukung oleh hasil penelitian Hamim et al. (1996) yang menyatakan bahwa kerapatan stomata yang tinggi memiliki laju transpirasi yang lebih tinggi dibandingkan tanaman dengan kerapatan stomata yang rendah.

Tabel 8. Tabel hasil uji T indeks stomata antar kontrol dan perlakuan kekeringan nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso dan johar NTT pada hari ke-10, 20, 30, 40

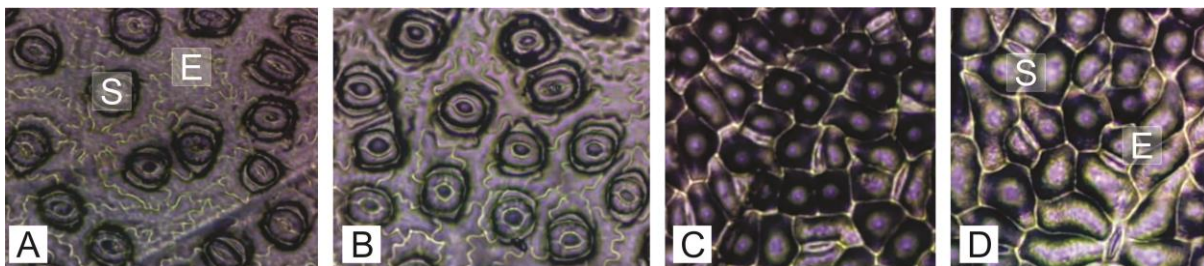
Hari	Nyamplung Baluran	Nyamplung Madura	Johar Bondowoso	Johar NTT
10	0,479 (TS)	0,255 (TS)	0,666 (TS)	0,508 (TS)
20	0,523 (TS)	0,378 (TS)	0,595 (TS)	0,793 (TS)
30	0,594 (TS)	0,625 (TS)	0,673 (TS)	0,974 (TS)
40	2,787 (S)	2,926 (S)	2,542 (TS)	2,481 (TS)

Sumber: Triani, 2013

Keterangan: TS = Tidak Signifikan, S = Signifikan

Berdasarkan karakter indeks stomata, tanaman johar Bondowoso dan NTT lebih adaptif terhadap kekeringan dibandingkan tanaman nyamplung Baluran dan Madura. Ketika tanaman mengalami kondisi kekeringan, terjadi penurunan gradient potensial air antara akar dan tanah, sehingga laju penyerapan air

oleh akar menurun. Penurunan laju penyerapan air dan adanya peningkatan transpirasi akibat radiasi matahari membuat tanaman mengalami kekurangan air. Gradien potensial air akan menimbulkan sinyal hidrolik terhadap cekaman kekeringan sehingga stomata menutup (Lawlor, 2002).



Sumber: Triani, 2013

Gambar 1. Irisan paradermal epidermis bawah daun. A. Kontrol nyamplung, B. Perlakuan kekeringan nyamplung, C. Kontrol johar, D. Perlakuan kekeringan johar, S = Stomata, E= Epidermis

Gambar 1.A.B menunjukkan tipe stomata pada nyamplung adalah *parasitic* yaitu setiap sel penutup diiringi sebuah sel tetangga atau

lebih dengan sumbu panjang sel tetangga itu sejajar sumbu sel penutup serta celah Hidayat, 1995 dalam Triani, 2013. Gambar 1.C.D

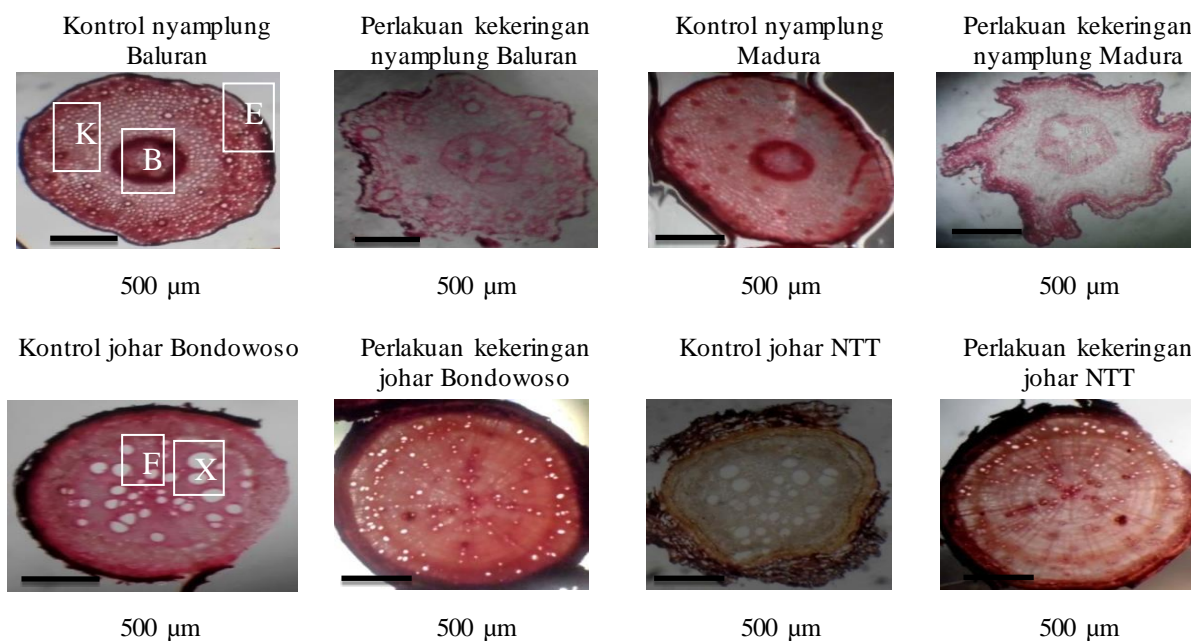
menunjukkan bahwa tipe stomata pada daun johar adalah *anomositic*, sel penutup dikelilingi oleh sejumlah sel yang tidak berbeda ukuran dan bentuknya dari sel epidermis lainnya atau jumlah sel tetangga dapat tiga atau lebih, satu sama lain sukar dibedakan (Kartasapoetra, 1991).

F. Anatomi akar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kekeringan menyebabkan perubahan ketebalan epidermis, korteks dan stele serta diameter xilem, dan floem (Gambar 2).

Akar merupakan organ penting pada tanaman yang berfungsi menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah. Tanaman yang mengalami kekeringan, dapat terjadi perubahan anatomi dan fisiologi pada akar (Fenta et al., 2014). Gambar 2 menunjukkan bahwa tanaman kontrol mempunyai epidermis lebih tipis dibandingkan dengan perlakuan kekeringan. Hal

ini karena ketebalan epidermis yang diduga sebagai salah satu bentuk adaptasi tumbuhan untuk meminimalisir proses terjadinya kehilangan air (Basu, Ramegowda, Kumar, & Pereira, 2016). Diameter xilem nyamplung Baluran dan Madura mengalami peningkatan. Tanaman nyamplung mampu beradaptasi pada kondisi kekeringan, salah satunya melalui peningkatan ukuran xilem sehingga akan meningkatkan kemampuan dan efektivitas dalam menyerap air dan unsur hara tanah (Hamim, 2005). Tanaman kontrol johar Bondowoso dan NTT mempunyai diameter jaringan xilem lebih besar dibandingkan tanaman yang mengalami kekeringan. Hal ini diduga tanaman johar Bondowoso dan NTT kurang mampu beradaptasi dengan kondisi kering yang diindikasikan dengan penurunan ukuran xilem pada perlakuan kekeringan.



Sumber: Triani, 2013

Gambar 2. Penampang melintang akar nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso, dan johar NTT setelah 40 hari kekeringan, E = Epidermis, K = Korteks, X = Xilem, F = Floem, dan B = Berkas pengangkut

G. Anatomi batang

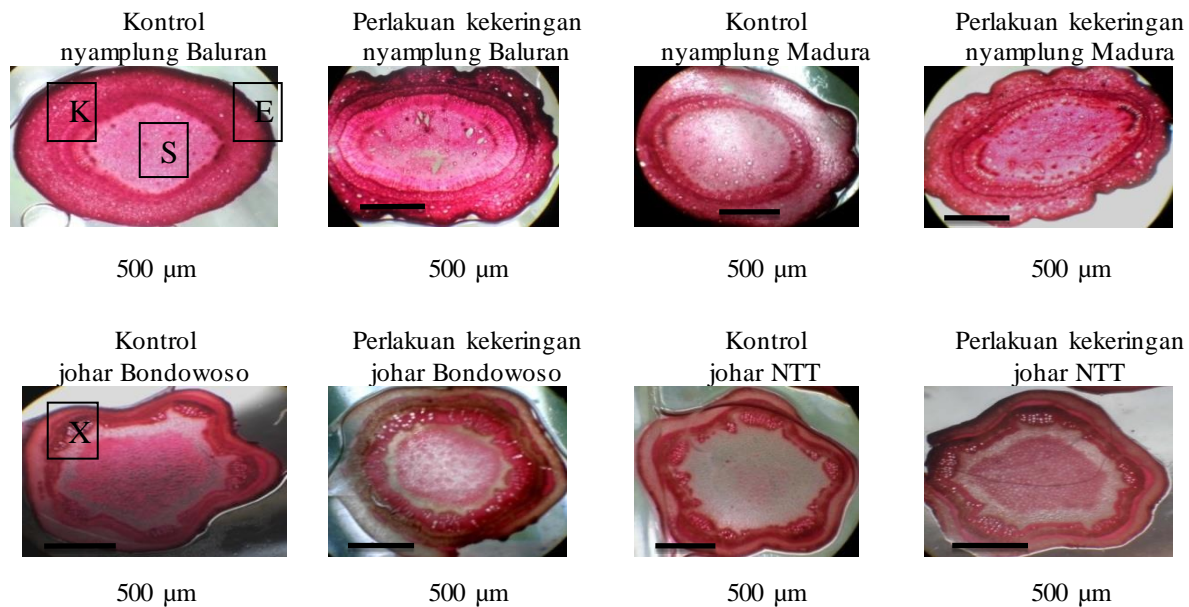
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kekeringan menyebabkan perubahan

ketebalan epidermis, korteks dan stele serta diameter xilem, dan floem batang (Gambar 3).

Gambar 3 menunjukkan bahwa tanaman kontrol memiliki korteks lebih tebal

dibandingkan dengan tanaman perlakuan kekeringan. Hal ini disebabkan pada tanaman perlakuan kekeringan sel parenkimatis korteks mengkerut sehingga selnya mengecil. Ketebalan korteks berhubungan dengan kapasitas

penyimpanan air pada akar. Peningkatan jumlah sel dalam jaringan korteks dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi kekeringan (Ferreira Melo, Fernandes-Brum, de Castro, & Chalfun-Júnior, 2014).



Sumber: Triani, 2013

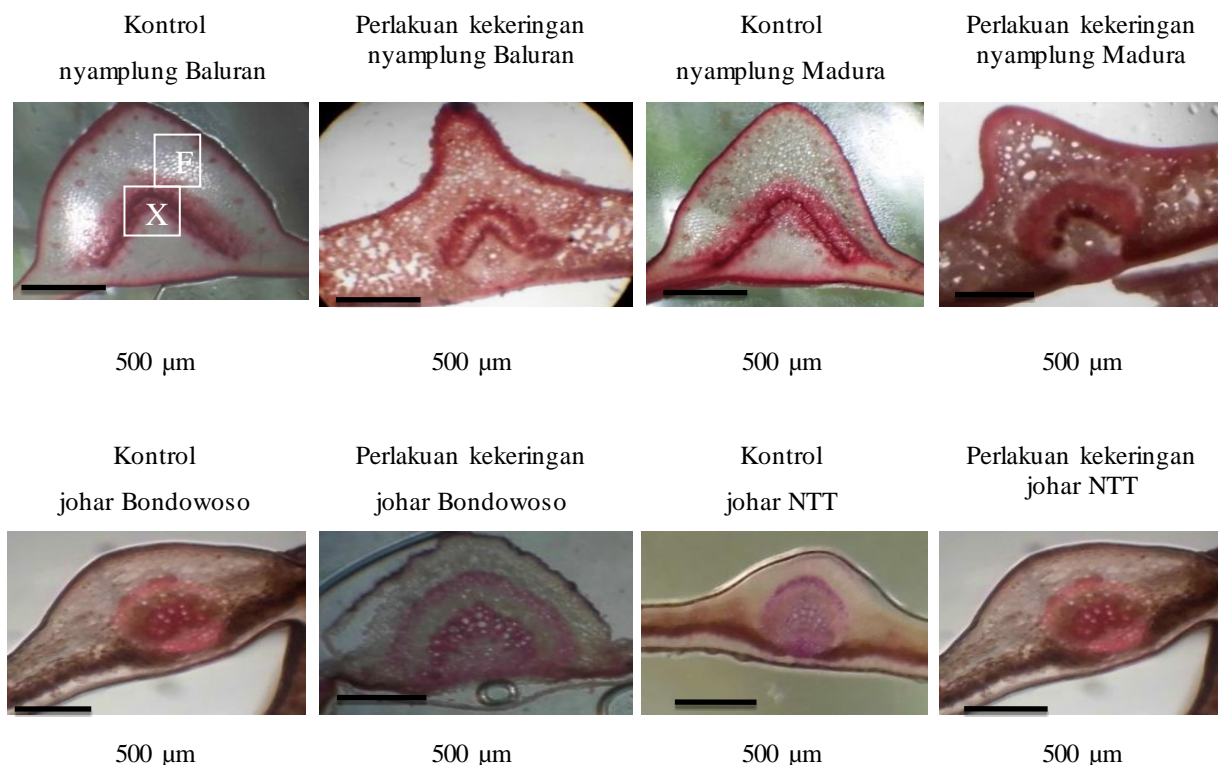
Gambar 3. Penampang melintang batang nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso, dan johar NTT setelah 40 hari kekeringan, E = Epidermis, K = Korteks, X = Xilem, dan S = *Stele*

H. Anatomi daun

Gambar 4 menunjukkan bahwa tanaman kontrol memiliki mesofil lebih tebal dibandingkan dengan perlakuan kekeringan. Penurunan tebal mesofil dan diameter floem pada tanaman perlakuan kekeringan karena adanya gangguan piranti fotosintesis, yang diduga mengalami penurunan tekanan turgor pada semua sel mesofil daun seperti palisade dan bunga karang (Arifai, 2009). Khaerana, Ghulamahdi, dan Purwakusumah (2008) menyatakan bahwa Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan berusaha melakukan perubahan-perubahan fisiologi seperti mempertahankan tekanan turgor atau penyesuaian osmotik sebagai bentuk adaptasi. Daun pada tanaman padi yang mengalami kekeringan, akan menunjukkan gejala menggulung dan mengering. Hal ini mengindikasikan daun tidak dapat melakukan aktivitas metabolisme secara normal,

penyerapan hara yang terhambat serta pembentukan klorofil daun yang terganggu (Banyo, Ai, Siahaan, & Tangapo, 2013).

Tanaman kontrol memiliki tebal floem lebih besar dibandingkan dengan tanaman perlakuan kekeringan. Perlakuan kekeringan menyebabkan penurunan kadar air relatif daun yang menyebabkan turgiditas sel daun menjadi turun sehingga terjadi pengerutan pada sel daun termasuk tebal floem. Pengerutan jaringan floem ini diduga akan mengganggu transport hasil fotosintesis karena sebagaimana diketahui bahwa fungsi dari floem adalah mengangkut hasil fotosintesis (Srivastava, 2002). Tanaman kontrol memiliki xilem lebih tipis dibandingkan dengan tanaman perlakuan kekeringan. Perubahan ini diduga sebagai bentuk adaptasi tumbuhan dengan meningkatkan tebal xilem diharapkan mampu menambah penyerapan air dari tanah (Patakas, Nikolaou, Zioziou, Radoglou, & Noitsakis, 2002).



Sumber: Triani, 2013

Gambar 4. Penampang melintang daun nyamplung Baluran, nyamplung Madura, johar Bondowoso, dan johar NTT setelah 40 hari kekeringan, F = Floem dan X = Xilem

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pada kondisi kekeringan tanaman nyamplung provenan Baluran dan Madura serta tanaman johar provenan Bondowoso dan NTT mengalami perubahan morfologi, anatomi dan fisiologi berupa penurunan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, luas daun, berat kering total, kadar air tanaman, indeks stomata, tebal korteks akar, tebal mesofil daun, tebal floem daun. Sebaliknya terjadi peningkatan kadar prolin, tebal epidermis akar, diameter xilem batang, tebal korteks batang, dan tebal xilem daun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dilakukan dengan dana DIPA Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan (BBPPBPTH). Terima kasih kepada Tim penelitian Perubahan Iklim BBPPBPTH dan

semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penyediaan referensi dalam penulisan naskah. Tulisan ini merupakan bagian dari skripsi mahasiswa atas nama Arie Triani, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, H. M., Ali, A., Sattar, A., Rehman, H. S. U., & Bibi, A. (2013). Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three Basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(5), 1415–1423. Retrieved from <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-23-5/30.pdf>
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., Mcdowell, N., Kitzberger, T., ... Mcdowell, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>
- Andini, A. N. (2011). *Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman Celosia cristata, Catharantus roseus dan Gomphrena globosa pada lingkungan Udara Tercemar*. Institut

- Pertanian Bogor. Retrieved from <http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/50038/1/G11ana.pdf>
- Arifai, M. (2009). *Respon Anatomi Daun Dan Parameter Fotosintesis Tumbuhan Padi Gogo, Caisim, Echinochloa crusgalli L. dan Bayam pada Berbagai Cekaman Kekeringan*. Institut Pertanian Bogor. Retrieved from repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/.../2009mar1.pdf
- Balingtan. (2014). Dampak Perubahan Iklim Global Terhadap Bencana Kekeringan Di Indonesia. Retrieved April 3, 2017, from <http://balingtan.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/berita/202-dampak-perubahan-iklim-global-terhadap-bencana-kekeringan-di-indonesia>
- Banyo, Y. E., Ai, N. S., Siahaan, P., & Tangapo, A. M. (2013). Konsentrasi Klorofil Daun Padi Pada Saat Kekurangan Air. *Ilmiah Sains*, 13(1), 1–8. Retrieved from <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JIS/article/view/1615>
- Basu, S., Ramegowda, V., Kumar, A., & Pereira, A. (2016). Plant adaptation to drought stress. *F1000Research*, 5, 1554. <https://doi.org/10.12688/f1000research.7678.1>
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). SHORT COMMUNICATION Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205–207. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00018060?LI=true>
- Fenta, B., Beebe, S., Kunert, K., Burrige, J., Barlow, K., Lynch, J., & Foyer, C. (2014). Field Phenotyping of Soybean Roots for Drought Stress Tolerance. *Agronomy*, 4(3), 418–435. <https://doi.org/10.3390/agronomy4030418>
- Ferreira Melo, E., Fernandes-Brum, C. N., de Castro, E. M., & Chalfun-Júnior, A. (2014). Anatomic and physiological modifications in seedlings of *Coffea arabica* cultivar Siriema under drought conditions. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(1), 25–33. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000100003>
- Hamim. (2005). Respon Pertumbuhan Spesies C3 dan C4 terhadap Cekaman Kekeringan dan Konsentrasi CO₂ tinggi. *Biosfera*, 22(3), 105–113. Retrieved from <https://journal.bio.unsoed.ac.id/index.php/biosfera/article/view/174>
- Hamim, Sopandie, D., & Yusuf, M. (1996). Beberapa Karakteristik Morfologi dan Fisiologi Kedelai Toleran dan Peka terhadap Cekaman Kekeringan. *Hayati*, 3(1), 30–34. Retrieved from http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/29655/1/Hamim_beberapa_karakteristik_31996no1_034.pdf
- Hidayat, E. B. (1995). *Anatomi tumbuhan berbiji*. ITB Bandung. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=4mEotWAACAAJ>
- Kartasapoetra, A. G. (1991). *Pengantar anatomi tumbuh-tumbuhan (tentang sel & jaringan)*. Rineka Cipta. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=yT1cngEACAAJ>
- Khaerana, Ghulamahdi, M., & Purwakusumah, E. D. (2008). Pengaruh Cekaman Kekeringan dan Umur Panen Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Xanthorrhizol Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza roxb.*). *Bul. Agron*, 3(36), 241–247. Retrieved from <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=84459&val=194&title=>
- Lakitan, B. (1993). *Dasar-dasar fisiologi tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=jTuSnQAACAAJ>
- Lawlor, D. W. (2002). Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata vs. Metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89, 871–885. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf110>
- Lestari, E. G., Mariska, I., Sukmadjaja, D., & Suardi, D. (2004). Seleksi in vitro dan identifikasi tanaman padi varietas gajahmungkur, towuti, dan IR64 yang tahan kekeringan (pp. 170–179). Retrieved from http://biogen.litbang.pertanian.go.id/terbitan/pdf/prosiding2004_170-179.pdf
- Maestri, M., Da Matta, F. M., Regazzi, A. J., & Barros, R. S. (1995). Accumulation of proline and quaternary ammonium compounds in mature leaves of water stressed coffee plants (*Coffea arabica* and *C. canephora*). *Journal of Horticultural Science*, 70(2), 229–233. <https://doi.org/10.1080/14620316.1995.11515292>
- Mahajan, S., & Tuteja, N. (2010). Cold, Salinity, and Drought Stress. *Plant Stress Biology: From Genomics to Systems Biology*, 444, 137–159. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.10.018>
- Mitchell, R. J., Morecroft, M. D., Acreman, M., Crick, H. Q. P., Frost, M., Harley, M., ... Pontier, H. (2007). England Biodiversity

- Strategy: Towards adaptation to climate change.
Defra. (<http://www.defra.gov.uk/wildlifecountryside/resprog/findings/ebs-climate-change.pdf>), (May).
- Oukarroum, A., Madidi, S. El, Schansker, G., & Strasser, R. J. (2007). Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 438–446. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.01.002>
- Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K., & Noitsakis, B. (2002). The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grape vines. *Plant Science*, 163, 361–367. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945202001401>
- Rehfeldt, G. E., Wykoff, W. R., & Ying, C. C. (2001). Physiologic plasticity, evolution, and impacts of a changing climate on *Pinus contorta*. *Climatic Change*, 50(3), 355–376. <https://doi.org/10.1023/A:1010614216256>
- Sharma, V. ., & Fletcher, J. . (2002). Maintenance of shoot and floral meristem cell proliferation and fate. *Plant Physiology*, 129(1), 31–39. <https://doi.org/10.1104/pp.010987>
- Srivastava, L. (2002). Plant growth and development. Hormones and the environment. *Annals of Botany*, 92(6), 846–846. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg209>
- Triani, A. (2013). *Pengaruh Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) dan Johar (*Cassia florida* Vahl.)*. Universitas Gadjah Mada. Retrieved from http://etd.repository.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=65364&is_local=1
- Violita. (2007). *Komparasi Respon Fisiologi Tanaman Kedelai yang Mendapat Cekaman Kekeringan dan Perlakuan Herbisida Paraquat*. Institut Pertanian Bogor. Retrieved from <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/10468/2007vio.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Wang, L. (2014). Physiological and molecular responses to drought stress in rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.08.012>
- Yohana, C., Sulistyarningsih, Dorly, & Akmal, H. (1994). Studi Anatomi Daun *Saccharum* spp . sebagai Induk dalam Pemuliaan Tebu. *Hayati*, 1(2), 32–36. Retrieved from <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/25297>
- Zlatev, Z., & Lidon, F. C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth , water relations and photosynthesis. *Emir. J. Food Agric.*, 24(1), 57–72. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i12.16734>

