

ANALISIS KANDUNGAN ASAM ASKORBAT PADA TANAMAN KANGKUNG (*Ipomoea reptana* Poir), BAYAM (*Amaranthus spinosus*), dan KETIMUN (*Cucumis sativus* L)

Setyo Andi Nugroho^{1*}, Ramadhan Taufika², Ika Lia Novenda³

¹Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

²Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

³Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

*Corresponding Author email: andi1746@polije.ac.id

Abstrak

Diterima

Bulan Januari
2020

Diterbitkan

Bulan Februari
2020

Keyword :

Askorbat,
kangkung, bayam,
ketimun

Tumbuhan memiliki mekanisme pertahanan terhadap peningkatan senyawa-senyawa oksidatif yang terbentuk akibat cekaman kekeringan. Pembentuk senyawa tersebut salah satunya asam askorbat. Askorbat merupakan senyawa metabolit utama pada tumbuhan yang memiliki fungsi sebagai antioksidan, yang melindungi tanaman dari kerusakan oksidatif yang dihasilkan dari metabolisme aerobik. Tujuan penelitian melakukan standarisasi dan menganalisis kandungan Askorbat (ASA) pada daun tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir), bayam (*Amaranthus spinosus*) dan ketimun (*Cucumis sativus*, L). Metode yang digunakan Sampel daun sebanyak 0,5 g digerus dengan asam metafosforik 5%. Larutan yang diperoleh dititrasikan dengan dichlorophenol-indophenol (DCIP) 0,8 g/l. Perlakuan analisis kandungan asam askorbat (ASA) pada jaringan tanaman ini yang memiliki kandungan asam askorbat terbesar pada tanaman ketimun (*Cucumis sativus* L) sebesar 69855,85; kemudian diikuti tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir) sebesar 66517,24 dan terakhir pada bayam (*Amaranthus spinosus*) sebesar 38859,13. Dan mg ASA standar 308.

PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan kondisi alamia yang dihadapi tanaman dalam siklus hidupnya. Kondisi kekeringan merupakan salah satu faktor yang menekan pertumbuhan dan perkembangan tanaman di seluruh dunia (Schwanz & Polle 2001). Pada tumbuhan, gejala pertama yang disebabkan oleh cekaman kekeringan ialah penurunan potensial air kemudian diikuti oleh penutupan stomata (Chaves 1991; Brodribb & Holbrook 2003) sehingga menyebabkan pengambilan CO₂ untuk fotosintesis terhambat yang akhirnya menurunkan laju fotosintesis (Lawlor 2002; Neumann 2008). Apabila kekeringan berlanjut maka menyebabkan pertumbuhan fase generatif terganggu, terjadinya senesense dan bahkan kematian (Neumann 2008).

Tumbuhan memiliki mekanisme pertahanan terhadap peningkatan senyawa-senyawa oksidatif yang terbentuk akibat cekaman kekeringan dan aplikasi paraquat. Pembentukan senyawa antioksidan, seperti askorbat (ASA), α -tokoferol dan glutathion, merupakan salah satu sistem pertahanan tanaman tersebut. Selain itu, peningkatan karotenoid (Munné-Bosch *et al.* 1999) dan aktivitas enzim antioksidan, seperti enzim superoksida dismutase (SOD), askorbat peroksidase (APX) (Prohazkova *et al.* 2001), glutathion reduktase (GR) (Keleş & Öncel 2002) juga bisa terjadi jika senyawa-senyawa oksidatif terbentuk. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan dampak

cekaman kekeringan dan paraquat terhadap perubahan aktivitas enzim-enzim seperti SOD, APX dan ASA khususnya pada tanaman budidaya masih diperlukan.

Hamim (2005) menyatakan bahwa pada tahap awal, kekeringan menyebabkan berkurangnya pembukaan stomata untuk meminimalisir kehilangan air di bawah kondisi cahaya berlebihan. Peristiwa ini mengakibatkan terjadinya penurunan konsentrasi CO₂ intrasel, sehingga tanaman mengalami overreduksi pada transfer elektron fotosintesis (Berkowitz 1998). Overreduksi ini terjadi karena pembentukan NADPH pada reaksi terang tidak diimbangi oleh pemakaian NADPH pada reaksi gelap karena penurunan konsentrasi CO₂ intrasel. Hal ini mengakibatkan terbentuknya *reactive oxygen species* (ROS) yang diawali dengan pengikatan elektron pada transpor elektron fotosintesis oleh oksigen. Proses selanjutnya akan terbentuk berbagai bentuk senyawa ROS seperti; superoksida (O₂⁻), singlet oksigen (¹O₂), radikal hidroksil (OH) dan hidrogen peroksida (H₂O₂) (Mckersie and Leshem, 1994). Senyawa ROS ini akan dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman (Aroca *et al.* 2001). Jika hal ini dibiarkan, maka lama kelamaan tanaman akan mati (Apel & Hirt 2004).

ASA atau vitamin C merupakan asam organik dengan kemampuan antioksidan. ASA dapat larut dalam air dan sangat mudah dioksidasi yaitu sebagai senyawa reduktan. ASA akan rusak

ketika ditempatkan pada cahaya atau panas yang akan berubah dalam bentuk teroksidasi yaitu asam dehidroaskorbat. Tujuan penelitian melakukan standarisasi dan menganalisis kandungan Askorbat (ASA) pada daun tanaman kangkung (*Ipomoea reptans* Poir), bayam (*Amaranthus spinosus*), dan ketimun (*Cucumis sativus*, L)

LANDASAN TEORI

Pengaruh Kekeringan terhadap Pertumbuhan Tanaman

Kekeringan didefinisikan sebagai periode waktu tanpa turun hujan. Cekaman kekeringan terjadi ketika kecukupan air yang tersedia di dalam tanah karena masukan air (oleh hujan atau irigasi) telah berkurang yang disebabkan oleh transpirasi dan evaporasi. Kekeringan memiliki pengaruh yang besar pada pertumbuhan tanaman, hasil, dan kualitas. Dampak awal dari cekaman kekeringan adalah terjadinya kehilangan turgor (termasuk layu) yang dapat mempengaruhi perluasan sel dan ukuran sel. Kehilangan turgor terlihat pada kebanyakan tumbuhan yang peka pada cekaman kekeringan. Kekeringan juga dapat mempertinggi pengguguran daun atau absisi, mengurangi luas total daun dan berpotensi memperbaiki kesegaran daun pada lingkungan air yang terbatas, dan perpanjangan akar lebih dalam (O'toole & Garrity 1984).

Mathius *et al.* (2004) menyatakan bahwa secara morfologis pengaruh cekaman kekeringan terlihat pada pertumbuhan vegetatif, terutama pada luas daun, pertumbuhan tunas baru, nisbah tajuk-akar. Pada fase generatif menyebabkan pembungaan tidak normal, aborsi embrio, dan perkembangan biji dan buah tidak normal.

Asam Askorbat

Asam askorbat atau vitamin C merupakan salah satu bentuk antioksidan yang secara alami terdapat pada tumbuhan. Askorbat merupakan senyawa metabolit utama pada tumbuhan yang memiliki fungsi sebagai antioksidan, yang melindungi tanaman dari kerusakan oksidatif yang dihasilkan dari metabolisme aerobik, fotosintesis dan berbagai polutan. Askorbat juga merupakan kofaktor untuk beberapa enzim hidroksilase (misalnya prolyl hidroksilase) dan violaxanthin de-epoxidase. Askorbat berada di dinding sel di mana ia adalah baris pertama pertahanan terhadap ozon (Smirnoff 1996).

Askorbat memenuhi banyak fungsi penting pada biologi tanaman (Noctor and Foyer 1998). Askorbat juga digunakan sebagai ko-faktor untuk violaxanthin de-epoxidase pada siklus xanthophyll. Proses ini dilibatkan dalam perlindungan pelepasan

penyerapan cahaya dalam bentuk panas dan bisa diukur sebagai NPQ dari klorofil fluorescence (Sonja *et al.* 2001). Pada cekaman kekeringan kandungan ASA mengalami peningkatan seiring bertambahnya periode cekaman. Bejana *et al.* (1998) menjelaskan bahwa antioksidan seperti ASA dan glutathion mengalami peningkatan di kloroplas pada kondisi kekeringan. Peningkatan ASA pada tanaman berfungsi untuk mereduksi radikal bebas yang terbentuk akibat cekaman oksidatif (Mc Kersie & Leshem 1994). ASA yang disintesis di sitosol akan bereaksi dengan H₂O₂ sehingga menghasilkan MDHA dan air. Kandungan ASA juga meningkat akibat perlakuan paraquat. ASA sebagai senyawa antioksidan dapat berinteraksi dengan membran plasma dan mendonorkan elektronnya ke radikal α tocopheroxyl dan aktivitas trans-membran plasma oksidoreduktase. Recycling α tocopheroxyl dapat membantu melindungi membran plasma dari peroksidasi (May 1999).

MATODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan penunjang yang digunakan dalam penelitian adalah bahan sampel daun dari tanaman yang tercekam kekeringan yaitu pada tanaman kangkung (*Ipomoea reptans* Poir), bayam (*Amaranthus spinosus*), dan ketimun (*Cucumis sativus*, L). Bahan kimia yang digunakan asam metafosforik, larutan dichlorophenol-indophenol (DCIP) 0,8 g/l, dan larutan askorbat murni.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah corong, kertas saring, mortar, pipet ukur, alat set titrasi, dan tabung reaksi.

Analisis kandungan Askorbat

Sampel daun sebanyak 0,5 g digerus dengan asam metafosforik 5% untuk mencegah terjadinya oksidasi dari asam askorbat, kemudian hasil gerusan disaring dengan menggunakan kertas saring. Larutan yang diperoleh dititrasi dengan dichlorophenol-indophenol (DCIP) 0,8 g/l. Sebelum digunakan titrasi, larutan DCIP distandarisasi dengan larutan asam askorbat murni, yaitu 1 ml larutan asam askorbat (4 mg/l) dan 9 ml asam metafosforik 5%. Titrasi dihentikan ketika terjadi perubahan warna larutan menjadi warna pink.

1. Kandungan Askorbat diperoleh standarisasi larutan ASA murni (4 mg ASA murni = 1 ml DCIP).

$$\text{mg ASA} / 1\text{ml DCIP} = 4 \text{ mg ASA murni} / \text{DCIP yang dititrasi (ml)}$$
2. Kandungan ASA daun (ASA/ g sampel daun)

$$\text{Mg ASA} \times \frac{\text{Total vol ekstrak air (ml)}}{\text{g sampel}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam Analisis kandungan Asam askorbat (ASA) pada tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir), bayam (*Amaranthus spinosus*), dan ketimun (*Cucumis sativus*, L) akan disajikan pada tabel di bawah ini.

Dalam pengamatan kali ini mengamati kandungan asam askorbat (ASA) pada tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir), bayam (*Amaranthus spinosus*), dan ketimun (*Cucumis sativus*, L). Selain itu juga dibuat kontrol pada masing-masing tanaman tersebut. Sebelum perlakuan ini masing-masing tanaman dilakukan cekaman air atau stres air. Pertumbuhan sel sangat sensitif terhadap stres air. Penghambatan pembesaran sel terjadi karena penurunan turgor sel yang berakibat bagian tanaman yang dibentuk berukuran kecil. Pengaruh kekurangan air selama tingkat perkembangan vegetatif ialah berkembangnya daun-daun yang lebih kecil. Selama perkembangan vegetatif kekurangan air sekecil apapun dapat mengurangi laju pelebaran daun dan luas daun pada tingkat perkembangan berikutnya (Islami & Utomo, 1995). RuBP pada kekeringan ringan. Penurunan CO₂ intrasel memperkuat kemungkinan hambatan stomata dalam menghambat laju fotosintesis pada fase awal stres air. Hal ini berkaitan dengan perubahan metabolik dalam kehilangan potensial fotosintesis pada fase ini (Lawlor 2002). Ketika penutupan stomata terjadi, dengan sendirinya CO₂ yang masuk melalui stomata akan menurun. Seperti diketahui bahwa CO₂ dibutuhkan dalam reaksi karbon fotosintesis (siklus kalvin), sehingga penurunan CO₂ ini tentunya akan menurunkan laju fotosintesis.

Proses selanjutnya NADPH yang digunakan pada reaksi karbon fotosintesis akan menumpuk akibat penurunan konsentrasi CO₂ (Tezara et al. 1999). Pada keadaan ini tanaman akan mengalami overeduksi pada transpor elektron fotosintesis, yang nantinya akan menginduksi terbentuknya reactive oxygen species (ROS).

Kita mengetahui bahwa tanaman bayam yang dianalisis kandungan asam askorbat termasuk tanaman C₄. adaptasi pada kawasan panas, keadaan kering dan lembab. Kranz anatomi pada tanaman C₄ seludang berkas berdinging tebal dan memiliki banyak kloroplast, mitokondria serta organel yang lain. Vacuola pusat berukuran lebih kecil (Salisbury & Ross 1992). Walaupun begitu tanaman C₄ pada bayam memiliki mekanisme proses fotosintesis yang berbeda dengan tanaman C₃ seperti kangkung dan mentimun yang diuji dalam analisis kandungan asam askorbat. Tanaman C₄ cenderung lebih bisa mempertahankan konsentrasi CO₂ daun pada kondisi defisit air, sehingga laju fotosintesis bisa dipertahankan lebih lama. Hal ini terkait dengan aktivitas rubisko sebagai enzim yang mereduksi CO₂ dalam siklus kalvin, dimana pada tanaman C₄ rubisko hanya terdapat pada sel-sel seludang berkas,

sehingga tidak terjadi persaingan antara O₂ dan CO₂ ketika konduktan stomata menurun.

Mekanisme adaptasi tanaman C₄ terutama pada bayam ini ada mekanisme dimana tumbuhan C₄ memiliki dua jenis sel fotosintetik yang jelas berbeda, yaitu sel seludang berkas pembuluh dan sel mesofil. Sel seludang berkas pembuluh disusun menjadi kemasam yang sangat padat di sekitar berkas pembuluh. Di antara seludang berkas pembuluh dan permukaan daun terdapat sel mesofil yang disusun lebih longgar. Siklus Calvin terbatas pada kloroplas seludang berkas pembuluh. Akan tetapi, siklus ini didahului oleh masuknya CO₂ ke dalam senyawa organik dalam mesofil. Langkah pertama ialah penambahan CO₂ pada fosfoenolpiruvat (PEP) untuk membentuk produk berkarbon empat, yaitu oksaloasetat. Enzim PEP karboksilase menambahkan CO₂ pada PEP. Dibandingkan dengan rubisko, PEP karboksilase memiliki afinitas yang jauh lebih tinggi terhadap CO₂. Oleh sebab itu, PEP karboksilase dapat memfiksasi CO₂ secara efisien ketika rubisko tidak dapat melakukannya, yakni ketika hari panas dan kering dan stomata tertutup sebagian, menyebabkan konsentrasi CO₂ dalam daun berkurang dan konsentrasi O₂ meningkat. Setelah CO₂ difiksasi, sel mesofil mengirim keluar produk berkarbon empatnya ke sel seludang berkas pembuluh melalui plasmodesmata. Dalam sel seludang berkas pembuluh, senyawa berkarbon empat melepaskan CO₂ yang diasimilasi ulang ke dalam materi organik oleh rubisko dan siklus Calvin. Akibatnya, sel mesofil akan memompa CO₂ ke dalam seludang berkas pembuluh, mempertahankan konsentrasi CO₂ dalam sel seludang berkas pembuluh cukup tinggi agar rubisko dapat menerima karbon dioksida, bukan oksigen. Dengan cara ini, fotosintesis akan meminimumkan fotorespirasi dan meningkatkan produksi gula. Adaptasi ini sangat bermanfaat dalam daerah panas dengan cahaya matahari yang banyak, dan di lingkungan seperti inilah sekarang tanaman ini tumbuh subur. Tanaman C₄ saat siang hari mereka tidak membuka stomatanya secara penuh untuk mengurangi kehilangan air melalui evaporasi/transpirasi. Ini berakibat terjadinya penurunan jumlah CO₂ yang masuk ke stomata. Logikanya hal ini menghambat laju fotosintesis. Ternyata para tumbuhan ini telah mengembangkan cara yang cerdas untuk menjaga agar laju fotosintesis tetap normal meskipun stomata tidak membuka penuh.

Tabel 1. Kandungan Asam Askorbat pada berbagai tanaman

No.	Perlakuan	Volume Ekstrak	Volume Titran DCIP	MG ASA standar	kandungan ASA	Rata-rata ASA
1.	Bayam kontrol 1	6,3	15,5	308	25037,42	25746,91
2.	Bayam kontrol 2	6,7	15,6	308	26456,41	
3.	Bayam tercekam 1	7,4	11,5	308	39638,26	38859,13
4.	Bayam tercekam 2	6,8	11	308	38080,00	
5.	Kangkung kontrol 1	6,6	7,5	308	54208,00	55704,00
6.	Kangkung kontrol 2	6,5	7	308	57200,00	
7.	Kangkung tercekam 1	6,5	5,8	308	69034,48	66517,24
8.	Kangkung tercekam 2	8	7,7	308	64000,00	
9.	Mentimun kontrol 1	5,5	11,2	308	30250,00	39564,13
10.	Mentimun kontrol 2	7,3	9,2	308	48878,26	
11.	Mentimun tercekam 1	6,2	5,7	308	67003,51	69855,85
12.	Mentimun tercekam 2	7,2	6,1	308	72708,20	

Ini menandakan tanaman ini dalam kondisi tercekam mampu menghasilkan asam askorbat lebih besar dibandingkan tanaman bayam yang tanaman tersebut tergolong tanaman c4 yang mampu beradaptasi dengan cekaman air, tetapi pada tanaman kangkung ini dia mengeluarkan dua kali lebih besar asam askorbat pada percobaan kali ini.

Tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir) tergolong tanaman C3 sehingga dia membutuhkan asam askorbat yang besar dalam rangka adaptasi terhadap cekaman air. Secara fisiologis ada perbedaan yang menyolok antara tumbuhan C3 dan C4 dalam menghadapi cekaman kekeringan. Pada tumbuhan C3, ketika stomata menutup sebagai akibat kekeringan, fotosintesis neto akan menurun dengan cepat, sedangkan fotorespirasi akan meningkat (Drake *et al.* 1997). Hal ini berkaitan dengan karakteristik dari enzim fotosintetik, RuBP karboksilase (Rubisco) yang selain mengikat CO₂ juga dapat berikatan dengan oksigen dalam proses fotorespirasi, dan keadaan ini terjadi khususnya ketika rasio CO₂/O₂ menurun akibat penutupan stomata (Hamim 2005). akan tetapi tumbuhan C4 relatif lebih tahan dengan kondisi cekaman kekeringan dari pada C3. Dalam keadaan cekaman kekeringan tumbuhan C3 umumnya memiliki kadar air relatif daun yang lebih rendah dari pada tumbuhan C4. Hal ini mungkin teknik dengan karakteristik tumbuhan C4 yang cukup efisien dalam pemanfaatan air (Hamim, 2005). Tanaman C3 ini dapat mengasimilasi CO₂ secara langsung melalui jalur fotosintesis (Miyao 2002) jalur ini dikenal dengan siklus C3 karena senyawa stabil yang terbentuk pertama kali dalam pengikatan CO₂ merupakan senyawa berkarbon 3 yaitu senyawa 3-fosfoglisarat (PGA) atau dikenal dengan siklus kelvin (Taiz & Zeiger 1991) tumbuhan dapat hidup dengan baik pada suhu

rendah, yaitu pada suhu kurang dari 22^oC (Koji & Winslow 2002).

Selain mekanisme fisiologis, tumbuhan juga memiliki kemampuan adaptasi secara morfologis dan anatomis. Pada keadaan cekaman kekeringan terdapat dua mekanisme utama yang mungkin terjadi pada tumbuhan, yaitu: (a) tumbuhan berusaha menghindari cekaman, baik dengan cara melakukan perubahan struktur morfologi dan anatomi, maupun dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan cara mengatur laju transpirasi, dan (b) meningkatkan toleransi terhadap cekaman kekeringan melalui perubahan kimia sel (Meyer & Genty 1998).

Pada pengamatan yang terakhir yaitu mengamati ketimun (*Cucumis sativus*, L) dimana asam askorbat pada tanaman perlakuan cekaman sebesar 69855,85 lebih besar dibandingkan dengan tanaman kontrol sebesar 39564,13. Dari data ini dapat kita lihat bahwa jarak antara tanaman kontrol dengan perlakuan cekaman ini dua kalinya. Artinya kondisi dari tanaman ketimun ini melakukan adaptasi sehingga dia mengeluarkan asam askorbat dua kali tanaman kontrol. Tanaman ketimun ini kalau kita lihat banyak mengeluarkan asam askorbat mengingat tanaman ini tidak tahan terhadap cekaman air. Tanaman ketimun ini tergolong tanaman C3 dia tidak toleran dengan kondisi panas ataupun kekeringan. Panas yang berlebihan dapat mengganggu dan akhirnya membunuh suatu tumbuhan dengan cara mendenaturasi enzim-enzimnya. Panas ini melakukan mekanisme kekurangan air.

Kekurangan air pada tanaman dapat menghambat laju fotosintesis, karena turgiditas sel penjaga stomata akan menurun. Hal ini menyebabkan stomata menutup (Lakitan 1995). Penutupan stomata sebagai respon cekaman kekeringan diawali dengan sintesis asam absisik

(ABA) (Mohammadkhani & Heidari 2008). Penutupan stomata pada daun akan mengurangi laju penyerapan CO₂ sehingga akan mengurangi laju fotosintesis (Goldsworthy & Fisher 1992). Perubahan ini juga akan mempengaruhi absorpsi dan translokasi hara mineral, transpirasi serta translokasi fotosintat (Mathius *et. al* 2001).

Untuk menghadapi efek negatif dari akumulasi *Aktive Oxygen Spesies* AOS, tumbuhan memiliki suatu mekanisme sistem pertahanan antioksidan yang efisien, melibatkan baik enzim-enzim maupun senyawa-senyawa non enzim (Loggini *et al.* 1999). Mekanisme pertahanan ini pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: (1) reaksi yang melibatkan metabolit tertentu khususnya asam askorbat dan glutatoin, (2) mekanisme penyelamatan AOS yang melibatkan enzim-enzim seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), glutatoin peroksidase (GPX) dan askorbat peroksidase (APX), dan (3) mekanisme yang melibatkan enzim-enzim untuk regenerasi antioksidan seperti glutatoin reduktase (GR) dan monodehidroascorbate reduktase (MDHAR) (Foyer *et al.* 1997; Noctor & Foyer 1998; Niyogi 1999; Roxas *et al.* 2000). Tanaman yang mengalami stress oksidatif karena adanya tekanan dari lingkungan baik itu berupa cekaman kekeringan, temperatur yang tinggi atau faktor lain, maka tumbuhan akan menunjukkan overekspresi dari enzim-enzim yang berperan dalam perlindungan dari tekanan oksidatif tersebut yaitu enzim-enzim antioksidan.

Pada saat energi cahaya matahari tinggi dan tanaman di bawah kondisi cekaman kekeringan, maka akan kelebihan exitasi energi, tanaman akan melakukan fotoproteksi dengan menghamburkan atau melepaskan energi yang tereksitasi dan sebagian ditransfer ke oksigen untuk membentuk singlet oksigen (O₂). Terhambatnya laju transfer elektron juga berperan penting dalam mereduksi molekul oksigen dan menghasilkan superoksida (O₂) yang kemudian oleh enzim SOD akan direduksi menjadi H₂O₂ dan didetoksifikasi dalam siklus “ascorbat-glutathion” membentuk H₂O. Siklus “ascorbat-glutathion”(Tausz *et al.* 2004).

PENUTUP

Kesimpulan

kesimpulan dari penelitian adalah analisis kandungan asam askorbat (ASA) pada tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir), bayam (*Amaranthus spinosus*), dan ketimun (*Cucumis sativus*, L) adalah Perlakuan analisis kandungan asam askorbat (ASA) pada jaringan tanaman ini yang memiliki kandungan asam askorbat terbesar pada tanaman ketimun (*Cucumis sativus*, L) sebesar 69855,85; kemudian diikuti tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir) sebesar 66517,24 dan terakhir pada bayam (*Amaranthus spinosus*) sebesar 38859,13. Dan mg ASA standar 308.

Dalam analisis kandungan asam askorbat (ASA) bahwa tanaman yang tergolong C3 yaitu pada tanaman kangkung (*Ipomoea reptana* Poir) dan ketimun (*Cucumis sativus*, L); sedangkan untuk tanaman C4 pada tanaman bayam (*Amaranthus spinosus*)

REFERENSI

- Apel K, Hirt H. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxydative stress, and signal transduction. *Plant Biol* 55:373-399.
- Aroca R, Juan JI, Manuel SD. 2001. Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against oxidative stress during chilling and subsequent recovery in two maize varieties differing in chilling sensitivity. *Plant Sci* 161:719–726.
- Becana M, Moran JF, Ormaetxe. 1988. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protectio. *Plant and Soil*. 201: 137–147
- Berkowitz GA. 1998. Water and Salt Stress. In: Raghavendra AS (ed). *Photosynthesis: A Comprehensive Treatise*. Cambridge: Cambridge University Pr; p. 226-237.
- Brodribb TJ, Holbrook NM. 2003. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. *Plant Physiol* 132:2166-2173.
- Chaves M. 1991. Effect water deficit on carbon assimilation. *J Exp Bot* 42:1-6.
- Drake BG, Miquel A, Gonzalez M. 1997. MORE EFFICIENT PLANTS: A Consequence of Rising Atmospheric CO₂?. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology* .48:609-639
- Foyer CH, Descourvieres P, Kunert KJ (1994). Photoxidative stress in plants. *Plant Physiol*. 92: 696-717.
- Goldsworthy, P.R. dan N.M. Fisher. 1992. *Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik* (diterjemahkan oleh Tohari). Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hamim. 1995. *Toleransi kedelai terhadap cekaman kekeringan: Pendekatan morfologi dan fisiologi* [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hamim. 2005. Respon pertumbuhan spesies pertumbuhan spesies C3 dan C4 terhadap cekaman kekeringan dan konsentrasi CO₂ tinggi. *Biosfera* 22:105-113
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Keleş Y, Öncel I. 2002. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combination in wheat seedlings. *Plant Sci* 163:783-790.

- Koji S, Winslow RB. Cellular and Subcellular Localization of Phototropin 1. *The Plant Cell*, 14:1723–1735
- Lakitan, B. 1995. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Lawlor DW. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs metabolism and the role of ATP. *Ann Bot* 89:871-885.
- Loggini B, Scartazza A, Brugnoli E, Navari-Izzo F (1999) Antioxidant defense system, pigment composition and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant Physiol.* 119:1091-1099.
- Mathius, N.T., G. Wijana, E. Guharja, H. Aswindinnoor, Y. Sudirman, dan Subronto. 2001. Respon Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Cekaman Kekeringan. *Menara Perkebunan* 69 : 29 - 45.
- May Jm. 1999. Is ascorbic acid an antioxidant for plasma membrane?. *Faseb Journal* 13:995-1006.
- McKersie BD, Leshem YY. 1994. *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Meyer S, Genty B. 1998. Mapping intercellular CO₂ mole fraction (C_i) in *Rosa rubiginosa* leaves fed with abscisic acid by using chlorophyll fluorescence imaging: significance of C_i estimated from leaf gas exchange. *Plant Physiol* 116:947–957.
- Miyao M. 2002. Molecular evolution and genetic engineering of C4 photosynthetic enzymes. *J Exp Bot.* 54: 179-189
- Mohammadkhani, N. and R. Heidari. 2008. Water Stress Induced Stomatal Closure in Two Maize Cultivars. *R. J. Bio. Sci.* 3 (7) : 750 - 754.
- Munné-Bosch S, Schwarz K, Alegre L. 1999. Enhanced formation of α -tokoferol and highlyoxidizedabieten diterpenes in waterstressed rosemary plants. *Plant Physiol* 121:1061-1068.
- Neumann PM. 2008. Coping mechanisms for crop plants in drought-prone environments. *Ann Bot* 101:901-907.
- Niyogi, K.K. 1999. Photoprotection revisited: Genetic and molecular approaches. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 333-359
- Noctor G, Foyer GH. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Plant Physiol* 49:249-279.
- O'toole, JC, Garrity DP. 1984. Upland Rice Soil-Plant-Water Relationship. An Overview of Upland Rice Research. International Rice Research Institut. *Manila.* 1:395-411.
- Prohazkova D, Sairam RK, Srivastava GC, Singh DV. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. *Plant Sci* 161:765-771.
- Roxas, V.P., S.A. Lodhi, D.K. Garrett, J.R. Mahan and R.D. Allen, 2000. Stress tolerance in transgenic tobacco seedlings that overexpress glutathione S-transferase/glutathione peroxidase. *Plant Cell Physiol.*, 41: 1229-1234
- Salisbury & Ross, 1992. *Plant Physiology*. 4th ed. Terjemahan Diah R Lukman & Sumaryono Jilid 2. ITB Bandung.
- Schwanz P, Polle A. 2001. Differential stress responses of antioxidative systems to drought in penduculate oak (*Quercus robur*) and maritime pine (*Pinus pinaster*) grown under high CO₂ concentration. *J Exp Bot* 52(354):133-143.
- Smirnoff N. 1996. The function and metabolism of ascorbic acid in plants. [botanical briefing]. *Ann Bot* 78:661-669.
- Sonja D, Veljovic-Jovanovic, Cristina P, Graham N, Christine HF. 2001. Low askorbic acid in the vtc-1 mutant of Arabidopsis is associated with decreased growth and intracellular redistribution of the antioxidant system. *Plant Physiol* 127:426–435.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. Sunderland: Sinauer Associates. hal 690.
- Tausz M, Wonisch A, Peters J, Jimenez MS, Morales D, Grill D. 2004. Short-term changes in free-radical scavengers and chloroplast pigments in *Pinus canariensis* needles as affected by mild drought stress. *Journal of Plant Physiology.* 158, 213–219.
- Tezara W, Mitchell V, Driscoll SP, Lawlor DW. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. *J Exp Bot* 53:1781-1791