II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Vanili

Vanili merupakan tanaman monokotil, tanaman ini berakar serabut, akar keluar dari setiap buku. Akar yang berada di dalam tanah memiliki bentuk bercabang-cabang, berbulu halus serta tersebar di sekitar permukaan tanah. Akar yang berada didalam tanah berfungsi menyerap unsur hara dan air sedangkan akar yang keluar dari buku buku yang disebut sebagai akar lekat (Ruhnayat, 2004).

Batang vanili berbuku-buku, silindris dengan permukaan licin dan diameter 1 – 2 cm. Batang vanili memiliki warna hijau, mempunyai ruas dan buku, tidak dapat menegakkan batangnya sendiri dan memerlukan tonggak atau pohon untuk tempat melekat (Ruhnayat, 2004; Agasiswanto, 2015).

Daun vanili berbentuk jorong sampai lanset dengan panjang sekitar 8 – 25 cm dan lebar 2 – 8 cm, ujung daun meruncing, pangkal daun membulat dan tepi daun rata. Daun vanili adalah daun tunggal dengan letak berselang-seling di masing-masing ruasnya. Daun vanili merupakan daun sukulen, memiliki warna hijau terang (Ruhnayat, 2004)**.** Vanili memiliki tulang daun sejajar yang tampak

setelah daun tersebut tua atau mengering, sedangkan pada waktu daun masih muda tulang daun tidak jelas terlihat (Zuhdi, 2015).

Bunga vanili berwarna hijau kekuningan, dengan diameter 10 cm. Bunga vanili keluar dari ketiak daun, bunga bersifat hermaprodit, tangkai bunga sangat pendek. Bunga vanili tidak mampu melakukan penyerbukan sendiri dikarenakan kepala putik tertutup oleh lamela bunga secara keseluruhan, sehingga harus dibantu penyerbukannya (Mochtar, 2012).

Buah vanili berbentuk polong dengan tangkai yang pendek memiliki diameter 5 – 15 cm dengan panjang 10 – 25 cm, permukaan buah licin, buah yang kering akan beraroma karena kandungan vanillin didalamnya. Bunga vanili memiliki putik yang berisi cairan perekat, sehingga bila tepung sari diletakkan akan segera menempel dan terjadi pembuahan (Ruhnayat, 2004). Buah vanili jika dibiarkan masak dipohon maka buah akan pecah menjadi dua bagian dan menghasilkan aroma vanili (Vickly, 2015).

Vanilla planifolia Andrews merupakan salah satu tanaman dari keluarga Orchidaceae yang buahnya bernilai ekonomi tinggi dan saat ini telah berkembang di Indonesia (Rosman, 2005) Tanaman vanili merupakan salah satu tanaman budidaya di Indonesia. Selain di Indonesia ada negara-negara lain yang membudidayakannya seperti Madagaskar, Meksiko, Pulau Seychelles, Pulau Comoro, Tahiti, Dominika, Puerto Rico, Chili dan pulau-pulau Oceania (Tjahjadi, 1989).

Indonesia memiliki daerah pengembangan vanili meliputi Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, dan Maluku. Dengan sentra produksinya yaitu Lampung, Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Selatan (Ruhnayat, 2004). Vanili memiliki kromosom berjumlah 2n atau sama dengan 32 (Ashari, 2006). Negara asal vanili adalah Meksiko, dan tanaman vanili dikenal oleh orang-orang Indian di Meksiko (Tjahjadi, 1989)

Tanaman Vanili termasuk kedalam familia Orchidaceae yang terdiri dari 700 genus dan 20.000 species. Familia Orchidaceae merupakan tumbuhan yang dapat hidup epifit atau terestrial dan kadang-kadang memanjat tumbuhan ini merupakan tumbuhan herba perenial. Kelompok tumbuhan ini memiliki beberapa marga yang salah satunya adalah *Vanilla* (Dasuki, 1991).

Tanaman vanili diklasifikasikan sebagai berikut.

Divisio : Spermatophyta

Classis : Angiospermae

Subclassis : Monocotyledonae

Ordo : Orchidales

Familia : Orchidaceae

Genus : Vanilla

Species : *Vanilla planifolia* Andrews

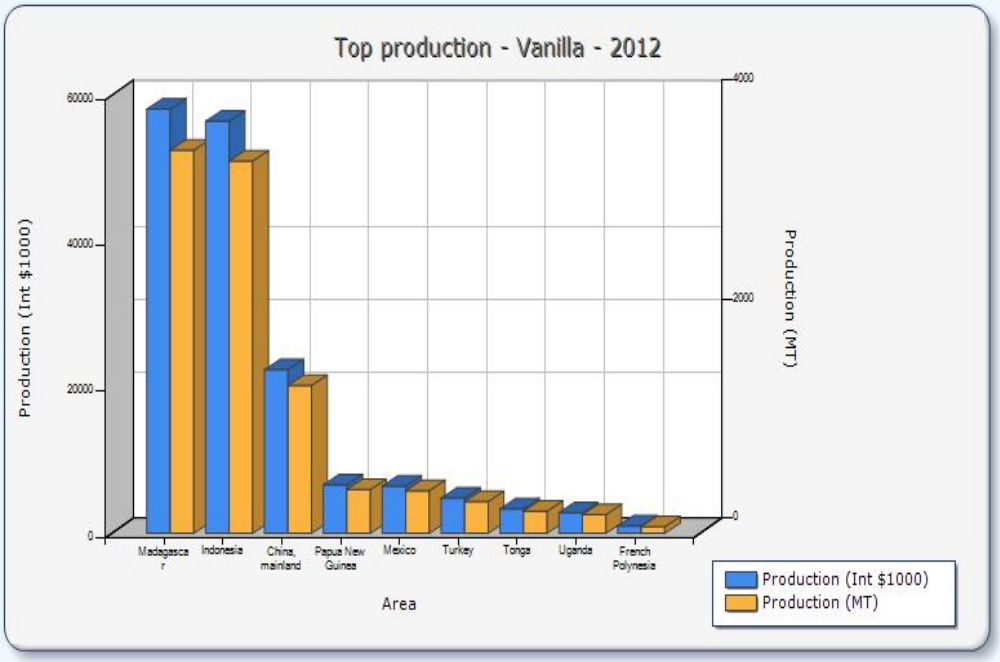
(Tjitrosoepomo, 2012)

Tanaman vanili tumbuh pada tanaman lain sebagai naungan dengan naungan yang tidak terlalu lebat sehingga mendapatkan cahaya yang tidak terlalu terik (Tjahjadi, 1989). Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik pada dataran rendah dengan tipe iklim panas dan lembab dengan suhu udara berkisar 21-32 ^{o}C (Ashari, 2006)

B. Nilai Ekonomi Vanili

Di pasar internasional vanili Indonesia dikenal dengan sebutan *Java Vanilla Beans.* Vanili dapat memberikan keuntungan yang cukup besar karena harganya yang cukup mahal (Ruhnayat, 2004). Vanili merupakan salah satu komoditas ekspor dengan nilai ekonomi yang tinggi (Firman, 2008). Kualitas vanili ditentukan oleh kadar vanillin dalam vanili olahannya (Sujalmi *et al.,* 1999). Menurut Tjahjadi (1989) Vanili di Indonesia memiliki kandungan vanillin sebesar 2,75%. Polong vanili digunakan sebagai pengharum rasa pada coklat, es krim, biskuit, dan manisan (Ashari, 2006). Harga polong atau buah vanili basah di pasar dalam negeri saat ini berkisar Rp. 150.000 – Rp. 200.000 per kg dan polong kering berkisar Rp. 1.500.000 – 2.000.000 (Mochtar, 2012). Vanili umumnya dimanfaatkan sebagai penyedap aroma makanan, bahan baku es *cream*, sirup maupun kosmetik (Tjahjadi. 1989). Vanili merupakan komuditas lokal yang tidak digunakan di dalam negeri disebabkan karena tingginya permintaan dunia (Sofyaningsih *et al.*, 2011).

Produksi vanili Indonesia menurut Anonymous (2014) disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Produksi vanili Indonesia di level Internasional (Anonymous, 2014)

Menurut Anonymous (2014) produksi vanili Indonesia di level Internasional menduduki peringkat kedua setelah Madagaskar. Potensi Indonesia yang begitu besar akan perkebunan membuat vanili menjadi salah satu komoditi ekspor yang dapat memberikan keuntungan besar bagi petani dan pengelola perkebunan. Polong vanili Indonesia yang mempunyai nilai jual tinggi dengan kandungan berisi vanillin 1,5 – 3%, minyak campuran 11% dan minyak resin sekitar 25% (Ashari, 2006). Menurut Tjahjadi (1989) polong vanili memiliki kandungan vanillin 2,75% , hal ini mengindikasikan baiknya kondisi polong vanili yang ada di Indonesia, sehingga menyebabkan produksi vanili di Indonesia menjadi peringkat kedua di dunia. Hal ini dipertegas lagi dengan kegunaan vanili di

dunia Internasional yaitu sebagai penyedap aroma makanan, bahan baku es *cream*, sirup maupun kosmetik (Tjahjadi, 1989).

C. Cekaman Kekeringan

Salah satu hambatan dalam budidaya vanili adalah kekeringan. Lampung merupakan daerah tropis dengan kondisi curah hujan yang cenderung menurun setiap tahunnya, hal ini berhubungan dengan El Nino. Pola hujan musiman, musim kering, dan musim hujan masih terjadi di Lampung, dan sebagian besar hujan tidak dapat memenuhi kebutuhan air untuk pertanian (Manik *et al.*, 2014). Kondisi *global warming* menyebabkan terjadinya perubahan iklim yang berpengaruh terhadap perubahan musim. Musim kemarau yang berkepanjangan dapat diakibatkan oleh perubahan iklim yang dapat menurunkan ketersediaan air dalam tanah, sehingga memberikan dampak kekurangan air pada lahan pertanian (Nio Song dan Lenak., 2014).

Cekaman kekeringan mempunyai pengertian kondisi minimum kadar air tanah yang berdampak pada pertumbuhan dan kondisi tanaman (Purwanto dan Agustono, 2010) Cekaman kekeringan dapat menyebabkan perubahan pada metabolisme. Adaptasi pada tanaman akan kekeringan menyebabkan berbagai rangkaian fisiologis, biokimia dan respon molekular pada tanaman (Kalefetoglu dan Ekmekci, 2005). Pertumbuhan pada tanaman akan terbatasi dengan adanya kondisi kekeringan (Jiang dan Huang, 2001). Tanaman selalu membutuhkan air dalam siklus hidupnya, mulai dari perkecambahan hingga panen. Metabolisme tanaman tidak dapat berlangsung tanpa adanya air. Tanaman dapat memenuhi

kebutuhan air melalui penyerapan oleh akar. Air yang diserap oleh akar tanaman bergantung pada kemampuan partikel tanah menahan air dan kemampuan akar untuk menyerapnya (Jumin, 1992). Menurut Karti (2004) berkurangnya suplai air akan menyebabkan penurunan turgor pada sel daun sehingga menyebabkan penurunan luas daun hingga menutupnya stomata yang menyebabkan menurunya proses fotosintesis.

D. *Poly Ethylene Glycol* (PEG)

Menurut Boulsman *et al.,* (1984) *dalam* Lestari dan Mariska (2006) menyatakan bahwa dalam penentuan galur yang tahan terhadap kekeringan akan mengalami kesulitan apabila dilakukan dilapangan. Hal ini dikarenakan sulit untuk mendapatkan kondisi lahan yang mempunyai tingkat kekeringan seragam dan luas, diperlukan waktu yang lama dan biaya yang lebih mahal. Sehingga digunakan cara yang lebih efektif dan efisien yaitu menstimulasikan keadaan *stress*. Untuk menstimulasi keadaan *stress* di alam dapat digunakan *Poly Ethylene Glycol* (PEG), dikarenakan PEG dapat menstimulasikan keadaan *stress* dengan menggunakan potensial air yang ada di lingkungan sehingga berhubungan dengan penurunan tekanan hidrostatis dalam sel (Oertli, 1985). PEG yang dilarutkan dalam air dapat menurunkan potensial air dengan cara menarik molekul air (H_2O) menuju atom oksigen pada subunit etilen oksida melalui ikatan hidrogen (Ode *et al.,* 2012) Menurut Salisbury dan Ross (1992) potensial air merupakan kemampuan air untuk melakukan difusi yang menggambarkan energi bebas air yang terdapat dalam sel atau jaringan

tumbuhan. Senyawa PEG juga bersifat larut dalam air dan dapat menyebabkan penurunan potensial air yang homogen. Berat molekul dan konsentrasi PEG mempengaruhi penurunan potensial air (Kaufmann dan Eckard, 1971). Ukuran molekul dan konsentrasi PEG dalam larutan menentukan besarnya potensial osmotik yang terjadi (Rahayu *et al.*, 2005). Menurut Michel dan Kaufmann (1973) *dalam* Rahayu *et al.*,(2005) larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 5% mempunyai potensial osmotik –0,13 MPa (1,26 bar), sedangkan konsentrasi 20% mempunyai potensial osmotik –0,71 MPa (7,06 bar). Untuk tanah dalam kondisi kapasitas lapang mempunyai potensial osmotik 0,33 bar dan dalam kondisi titik kelembapan kritis (koefisien layu) mempunyai potensial osmotik 15 bar.

E. Respon Tumbuhan Terhadap Cekaman Kekeringan

Kekurangan air berpengaruh terhadap aspek pertumbuhan tanaman, meliputi proses fisiologis, biokimia, anatomi dan morfologi. Pada saat tumbuhan kekurangan air, sebagian stomata daun menutup sehingga terjadi hambatan masuknya CO_2 dan menurunkan aktivitas fotosintesis. Selain menghambat aktivitas fotosintesis, kekurangan air juga menghambat sintesis protein dan dinding sel (Salisbury dan Ross, 1992)

Tumbuhan dapat merespon keadaan lingkungan tumbuhnya. Menurut Kalefetoglu dan Ekmekci (2005) Cekaman kekeringan dapat menyebabkan perubahan pada metabolisme. Adaptasi pada tanaman terhadap kekeringan menyebabkan berbagai rangkaian fisiologis, biokimia dan respon molekular

pada tanaman. Cekaman kekeringan yang parah dapat menyebabkan penutupan stomata sehingga pengambilan karbondioksida dan produksi berat kering berkurang (Purwanto dan Agustono, 2010). Menurut Jian (2011) Cekaman osmotik mengaktifkan beberapa protein kinase termasuk mitogen actived kinase yang dapat memediasi homeostatis osmotik dan memberikan tanggapan detosifikasi. Sejumlah sistem fosfolipid diaktifkan oleh *stress* osmotik sehingga menghasilkan beragam molekul messenger, osmotik protein kinase berfungsi aktifnya hulu *stress*.

Menurut Levitt (1980) *dalam* Palupi dan Dedywiryanto (2008) mekanisme ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan adalah dengan cara menghindari kekeringan (*drought avoidance*) yaitu tanaman mempertahankan status air dalam jaringan agar metabolisme tetap berjalan dan toleransi terhadap kekeringan (*drought tolerance*) dimana tanaman tetap dapat melangsungkan metabolismenya pada kondisi status air yang rendah.

Pada tumbuhan salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu menghindari kekeringan. Mekanisme ini terjadi pada tumbuhan monokotil yang dilakukan dengan cara penggulungan daun. Penggulungan daun terjadi dengan cara menurunkan laju evaporasi atau dengan meningkatkan absorpsi air pada tanah kering untuk mempertahankan potensial air daun tetap tinggi. Proses ini berhubungan dengan peranan sel kipas yang mana pada saat kekurangan air jumlah dan ukuran sel kipas meningkat sehingga daun menggulung (Nio Song dan Lenak, 2014)

Mekanisme lainnya adalah toleransi terhadap cekaman kekeringan yang biasa digunakan dengan cara menyeleksi tanaman secara *in vitro* . Tanaman hasil seleksi mempunyai akumulasi prolin yang meningkat (Badami dan Amzeri, 2011)

F. Stomata

Stomata merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh sel penutup. Sel penutup mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Terdapat sel tetangga pada stomata yaitu sel yang mengelilingi stomata. Sel ini berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup dalam mengatur lebar celah (Estiti, 1995).

Stomata pada umumnya terdapat pada permukaan bawah daun, tetapi pada beberapa species tumbuhan stomata berada di permukaan atas dan bawah daun. Tipe stomata dibedakan menjadi empat yaitu anomositik, anisositik, parasitik, dan diastik (Lakitan, 1993). Letak atau kedudukan stomata terhadap sel tetangga, arah membukanya stomata, bentuk stomata, jumlah sel epidermis dan stomata, jarak antar stomata dan panjang sel epidermis pada setiap jenis tumbuhan dapat berbeda-beda (Rompas *et al*., 2011).

Menurut Fahn (1991) stomata dikelilingi 4 sel tetangga yang tersususun teratur membentuk lingkaran. Vanili memiliki stomata berbentuk Ginjal dengan susunan sel epidermis tidak beraturan, stomata pada vanili dikelilingi oleh 4 sel tetangga (Rompas *et al*., 2011)

Menurut Moore *et al* (1998) *dalam* Pharmawati *et al* (2008) stomata berperan dalam proses transpirasi dan fotosintesis. Stomata berfungsi sebagai tempat terjadinya pertukaran gas dan air antara atmosfer dengan sistem ruang antar sel yang berada pada jaringan mesofil di bawah epidermis. Menurut Blum dan Ebercon (1981) *dalam* Lestari (2006) stomata mempunyai peran penting sebagai alat dalam adaptasi somaklon yang tahan kekeringan, kerapatan stomata dapat mempengaruhi fotosintesis dan transpirasi pada tanaman.

Stomata memiliki hubungan antara transpirasi dan fotosintesis yang keduanya melibatkan air (H_2O) dan stomata memegang peranan penting dalam mengatur keluar masuknya air yang ada di daun, karena itu stomata dapat dijadikan parameter dalam seleksi ketahanan terhadap cekaman kekeringan.

G. Biosintesis Klorofil

Klorofil adalah molekul yang kompleks dan berfungsi menyerap cahaya, mentransfer energi, dan transfer elektron dalam fotosintesis (Taiz dan Zeiger, 1998). Menurut Pandey dan Shin (1979) *dalam* Sumenda *et al* (2011) molekul klorofil merupakan derivat porfirin yang mempunyai struktur tetrapirol siklis dengan satu cincin pirol yang sebagian terinduksi. Inti tetrapirol terdapat atom Mg non ionik yang diikat oleh dua ikatan kovalen, memiliki rantai samping.

Klorofil merupakan pigmen berwarna hijau yang terdapat dalam kloroplas. Pada tumbuhan tingkat tinggi, kloroplas terutama terdapat pada jaringan parenkim palisade dan parenkim spons daun. Dalam kloroplas, pigmen utama klorofil serta

karotenoid dan xantofil terdapat pada membran tilakoid (Salisbury dan Ross, 1991). Klorofil pada tumbuhan mempunyai fungsi untuk melakukan fotosintesis (Hendriani dan Setiari, 2009).

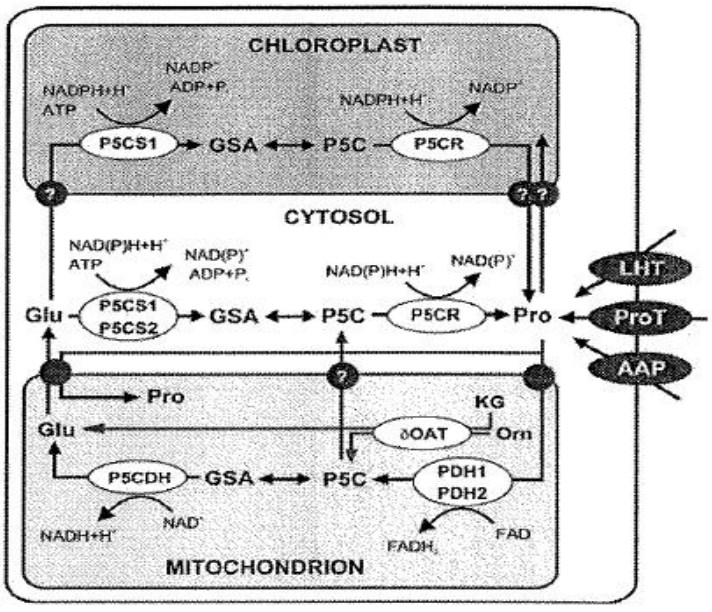
Sintesis klorofil terjadi melalui fotoreduksi protoklorofilid menjadi klorofilid a dan diikuti dengan esterifikasi fitol untuk membentuk klorofil a yang dikatalisis enzim klorofilase. Perubahan protoklorofilid menjadi klorofilid a pada tumbuhan angiospermae memerlukan cahaya setelah itu klorofil jenis yang lain disintesis dari klorofil a (Pandey dan Sinha 1979 *dalam* Sumenda *et al*., 2011).

Salah satu respons fisiologis tanaman terhadap cekaman kekeringan adalah menurunnya konsentrasi klorofil daun yang disebabkan oleh dihambatnya pembentukkan klorofil dan terhambatnya penyerapan unsur hara terutama nitrogen dan magnesium yang berperan penting dalam sintesis klorofil (Nio Song dan Banyo, 2011). Menurut Fitter dan Hay (1994) kekurangan air akan mempengaruhi proses-proses biokimia yang berlangsung dalam sel. Kekurangan air berpengaruh terhadap reaksi-reaksi biokimia fotosintesis, sehingga laju fotosintesis menurun. Tersedianya air yang kurang juga akan menghambat sintesis klorofil pada daun yang diakibatkan laju fotosintesis menurun (Hendriyani dan Setiari, 2009). Menurut Nio Song dan Lenak (2014) PEG dapat membuat kandungan klorofil total dan klorofil a pada tanaman menjadi rendah. Dengan demikian kandungan klorofil total dan klorofil a berpotensi digunakan sebagai indikator cekaman kekeringan.

H. Metabolisme Prolin

Asam amino prolin mengandung gugus amino sekunder. Prolin memegang peranan penting untuk metabolisme sel baik sebagai komponen protein dan asam amino bebas. Prolin memiliki konformasi terbatas yang fleksibel, yang menentukan susunan peptida rantai di sekitarnya, dan sebagai akibatnya menyebabkan stabilisasi atau destabilisasi struktur sekunder konformasi protein. asam amino prolin bebas merupakan salah satu zat terlarut kompatibel yang didistribusikan paling banyak pada tanaman dan bakteri selama lingkungan yang merugikan seperti kondisi kekeringan, salinitas tinggi atau suhu rendah (Lehman *et al*., 2010).

Metabolisme prolin pada tumbuhan Arabidopsis disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Metabolisme Prolin pada Arabidopsis. Pro: Prolin, Glu: Glutamat, Orn: Ornitin, P5C: pirolin-5-karboksilat, GSA: Glutamic-γ-Semialdehyde, KG: α-ketoglutarat, AAP: amino acid permease, pro T: prolin transporter, LHT: lisin-histidin transporter (Lehman *et al*., 2010).

Tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan mempunyai mekanisme untuk bertahan dalam kondisi kekeringan. Tanaman yang mampu beradaptasi dengan cekaman kekeringan dapat menghasilkan senyawa-senyawa osmoregulasi yang dapat menurunkan potensial osmotik. Dan penyesuaian tekanan osmotik antara lain dilakukan melalui peningkatan prolin dalam daun (Hamim *et al*., 1996). Menurut Badami dan Amzeri (2011) terdapat korelasi antara akumulasi prolin dengan tingkat toleransi terhadap cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan yang terjadi pada tanaman meyebabkan kandungan prolin meningkat, hal ini disebabkan karena biosintesis prolin dengan prosesnya meliputi hidrolisis protein dan degradasi oksidatif. Prolin juga berperan dalam mengakumulasi senyawa biokimia yang berperan dalam penyesuaian osmotik (Nio Song dan Banyo, 2011). Hal ini dibuktikan melalui penelitian Palupi dan Dedywiryanto (2008) yang menyatakan bahwa akumulasi prolin pada tanaman kelapa sawit menyebabkan tanaman toleran terhadap cekaman kekeringan.

.