

**PENAMPILAN KLON DAN SEMAI DUA FAMILI *Eucalyptus occidentalis*  
BERTOLERANSI GARAM TINGGI DAN RENDAH PADA KONDISI TERGENANG  
DAN SALINITAS TINGGI**

*Clone and Seedling Performances of two Eucalyptus occidentalis families with High  
and Low Salt Tolerance under Waterlogging and High Salinity*

**Rina Laksmi Hendrati**

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan  
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta 55582  
Telp. (0274) 895954, 896080, Fax. (0274) 896080

**ABSTRACT**

*Clonal materials are often collected for testing under extreme condition. Clonal production through mass vegetative propagation is also common for deployment of improved genotypes. Root development of clones compared to that of seedlings will further determine the subsequent growth. Eucalyptus occidentalis ability to grow under extreme conditions (waterlogging and/or salinity) drives the importance of provenance and family selection from materials collected throughout its natural distribution. Performance of clones and seedlings under waterlogging and salt waterlogging conditions of two E. occidentalis families, high and low salt tolerant, were investigated. Seedlings (4.5 months) and cuttings/clones (5.5 months) were exposed to control, waterlogged and salt waterlogged conditions reaching to sea salt level (500 mM NaCl). Seedling and cutting performances were determined by ability of plant type and family to produce roots and consequently initial leaves to support their growth. Seedlings and cuttings of high tolerant family 153-Red Lake perform better than low tolerant family 96-Lake Magenta under high level of salinity. Under high salt concentration, seedlings are better than cuttings for family 153-Red Lake, but both plant types perform similarly for family 96-Lake Magenta. Salinity hinders shoot and root development. Under inundation, E. occidentalis tends to decrease shoots rather than roots. For clonal growth improvement, propagation method to produce root abundance is necessary.*

**Key Words :** *Waterlogging, saline condition, clone, seedling, Eucalyptus occidentalis*

**ABSTRAK**

Pengumpulan materi uji pada kondisi ekstrim selain dilakukan dengan biji juga dilakukan dengan klon. Perbanyak klon melalui pembiakan vegetatif secara masal juga sering dibutuhkan jika genotip yang unggul telah diperoleh dan kemampuan dalam pembentukan akar jika dibandingkan dengan semai akan menentukan pertumbuhan selanjutnya. Potensi jenis *Eucalyptus occidentalis* untuk tumbuh pada kondisi ekstrim (tergenang dan/bergaram) mendorong perlunya seleksi yang dilakukan

terhadap provenans dan famili yang ada dari disebaran alaminya. Kemampuan *seedling* dan klon pada kondisi tergenang dan tergenang-bergaram dari dua famili *E. occidentalis* dengan toleransi rendah dan tinggi terhadap garam diinvestigasi pada penelitian ini. Semai (4,5 bulan) dan stek (5,5 bulan) diberi perlakuan dengan kontrol, tergenang (*waterlogged*) dan tergenang-bergaram mendekati konsentrasi garam air laut (500 mM). Penampilan stek dan semai famili pada kondisi tergenang dan tergenang bergaram ditentukan oleh kemampuan masing-masing tipe tanaman dan famili dalam memproduksi akar dan konsekuensinya produksi daun awal untuk menopang pertumbuhan. Semai maupun stek dari famili 153-Red Lake yang bertoleransi tinggi, tumbuh lebih baik pada konsentrasi garam tinggi dibandingkan famili 96-Lake Magenta yang bertoleransi rendah. Pada garam tinggi tersebut, semai famili 153-Red Lake lebih baik daripada stek, namun kedua tipe tanaman tersebut tidak jauh berbeda pada famili 96-Lake Magenta. Salinitas terbukti bisa menghalangi pertumbuhan bagian atas tanaman dan stimulasi pertumbuhan akar. Pada kondisi tergenang, *E. occidentalis* juga lebih cenderung mengalami penurunan bagian atas dibandingkan dengan bagian akar. Untuk memperbaiki penampilan klon, metoda propagasi untuk memperbaiki kelimpahan akar pada stek perlu dilakukan.

**Kata Kunci : Tergenang, salinitas, klon, semai, *Eucalyptus occidentalis***

## I. PENDAHULUAN

Terbentuknya kondisi dan iklim yang ekstrim di muka bumi karena perubahan iklim dunia, penambahan penduduk dan peningkatan industri mendorong perlunya seleksi genotip tanaman terutama dari habitat dengan kondisi minimal untuk mengantisipasi kelangsungan tersedianya vegetasi. Karakter toleransi pada tanaman dengan kondisi stres banyak menunjukkan dipengaruhi oleh genetik (multigenik) (Shanon, 1997; Humphreys dan Humphreys, 2005), sehingga harapan untuk melakukan seleksi dimungkinkan jika variasi bisa diperoleh.

Pengumpulan materi uji pada kondisi ekstrim selain dilakukan dengan biji juga dilakukan dengan klon. Koleksi klon dari alam untuk pengujian kondisi bergaram telah dicontohkan pada *Eucalyptus camaldulensis* (Morris, 1995).

Perbanyak klon melalui pembiakan vegetatif secara masal juga sering dibutuhkan jika genotip yang unggul telah diperoleh dan kemampuan dalam pembentukan akar jika dibandingkan dengan semai akan menentukan keunggulan selanjutnya dari klon terpilih di bawah kondisi yang marginal atau ekstrim.

*Eucalyptus occidentalis*, tanaman asli Australia barat yang kayunya berguna untuk penyangga bangunan, tiang dan konstruksi berat, sering ditemui tumbuh pada kondisi tergenang beberapa hari sampai minggu (Marcar *et al.*, 2000a) dan juga di daerah dengan salinitas tinggi (Harwood *et al.*, 2001; Marcar dan Crawford, 2004). Kemampuan jenis ini untuk tumbuh pada berbagai kondisi tersebut mendorong perlunya seleksi yang dilakukan terhadap provenans dan famili yang ada di sebaran alaminya (Hendrati,

2008). Untuk tujuan pengembangannya, kemampuan dari *seedling* dan klon pada kondisi tergenang dan tergenang-bergaram dari 2 famili dengan toleransi garam rendah dan tinggi perlu untuk diinvestigasi.

Pengujian jenis *E. occidentalis* perlu dilakukan pada kondisi bergaram-tergenang. Kondisi ini banyak ditemui di Australia yang punya karakteristik tanah dengan kapasitas pencucian rendah. Meski banyak daerah mempunyai curah hujan rendah, namun adanya hujan pada musim dingin sering menyebabkan terjadinya genangan beberapa hari, minggu bahkan bulan termasuk di daerah-daerah bersalinitas tinggi (Hunt dan Gilkes, 1992). Kondisi ekstrim tergenang meski tanpa mengandung garam juga mempunyai efek yang mematikan bagi persen hidup dan pertumbuhan tanaman. Penggenangan yang terjadi di tanah akan menurunkan level ketersediaan oksigen karena rendahnya pelarutan dan difusi oksigen di air dan karena cepatnya absorpsi oksigen oleh akar dan bakteri. Penggenangan juga menyebabkan akumulasi etilen dan metabolit anaerobik misalnya karbon dioksida, etanol dan laktat, yang diproduksi akar dan bakteri. Karena pengaruh organisme aerobik, penggenangan yang lama juga akan mengurangi  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mn}^{\text{IV}}$ ,  $\text{Fe}^{\text{III}}$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$  (Barret-Lennard, 2003). Selain itu, produksi ATP (*adenosine triphosphate*), bahan bakar proses-proses selular, akan berkurang sampai 95% jika akar dipindahkan dari kondisi kering ke kondisi tergenang. Beberapa tanaman berkayu termasuk anggur, jeruk dan *Eucalyptus*, menunjukkan variasi toleransi pada kondisi tergenang (Kozlowski, 1977). Beberapa spesies *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. robusta* dan *E. saligna*)

pada kondisi tergenang memproduksi akar adventif untuk mendapatkan oksigen dan hal ini merupakan sifat penting untuk seleksi bagi pertumbuhan tanaman pada tekanan stres penggenangan (Farrell *et al.*, 1996). *Eucalyptus occidentalis* juga menunjukkan adaptasi terhadap genangan (Munichor dan Itai, 1976) dan sering ditemukan tumbuh pada genangan-genangan di kondisi alamnya. Transpirasi pada jenis ini berkurang sampai 20% pada 10 hari terendam anaerobik sebelum akhirnya kembali ke normal dan hal tersebut dimungkinkan karena kemampuannya untuk membentuk akar adventif. Fiksasi  $\text{CO}_2$  (*stomatal conductance*) dan sintesa protein bervariasi dan kemudian kembali normal setelah 21 hari. Semai 12 provenans *Eucalyptus occidentalis* pada kondisi tergenang mempunyai persen hidup 100% dan pertumbuhan relatif 27-62% dalam 5 minggu (Van der Moezel *et al.*, 1991). Kemampuan untuk memproduksi akar pada kondisi tergenang antara klon dan semai oleh karenanya perlu untuk diinvestigasi.

## II. BAHAN DAN METODE

### 1. Bahan Tanaman dan Perlakuan

Sebagai bahan tanaman, famili 153-Red Lake Siding yang bertoleransi garam tinggi dan famili 96-L Magenta yang bertoleransi rendah digunakan. Setek kedua famili tersebut dipersiapkan dan dibuat pada tanggal 13 Oktober 2006, dengan 2 buku, berdaun 2 dan dengan dasar stek dipotong di bawah nodial. Daun dipotong setengahnya dan ujung daun muda dihilangkan. Stek sebelumnya dicelupkan pada fungisida (*Superior Growers Supply, Inc*) dan Rootone-F, kemudian ditanam pada wadah dengan 64-pot

mini yang mengandung campuran media pot (Premium P/CM, Baileys Fertilizers, Perth): perlite: vermiculite = 1:1:1. Wadah diletakkan di rumah kaca pada pasir yang dihangati sampai 28°C sehingga menyebabkan suhu 24°-25° C pada media. Alat pengabutan diletakkan 75 cm di atasnya dan dinyalakan 7 detik tiap 15 menit.

Wadah dipindah keluar rumah kaca setelah akar muncul pada bagian bawah (1 bulan) dan dibiarkan tumbuh pada wadah mininya agar akar berkembang. Setelah berumur 3 bulan (16 Januari 2006), akar dipangkas sampai 6 cm dan stek dipindah pada pot tunggal (diameter 15 cm, tinggi 15 cm) mengandung campuran media pot (Premium P/CM, Baileys Fertilizers, Perth). Semua pot disusun di persemaian dibawah cahaya matahari dan disirami 3 kali/hari.

Sementara itu, biji untuk membuat semai dari famili yang sama ditabur pada 11 Nopember 2006, satu bulan setelah pembuatan stek agar pertumbuhan semai dan stek dapat dibandingkan. Semai yang telah mempunyai akar lateral dipindahkan (16 Januari 2006) ke pot tunggal (diameter 15 cm, tinggi 15 cm) dengan media pot mix. Semua pot disusun di persemaian dibawah cahaya matahari dan disirami 3 kali/hari.

Semai (4,5 bulan) dan stek (5,5 bulan) diberi perlakuan dengan kontrol, tergenang (*water-logged*) dan tergenang-bergaram (*salt-water-logged*) mulai 2 April 2007 (Gambar 1). Pada perlakuan kontrol, tanaman digenangi 3 kali sehari selama 15 menit dengan memompa air yang mengandung nutrisi. Sementara tanaman untuk perlakuan tergenang dan tergenang-bergaram diletakkan pada 2 tangki kotak yang berbeda dengan digenangi air bernutrisi (*Three Part Perfection*, Wanneroo, Western Australia)

yang diganti setiap minggu. Satu tangki dibiarkan tanpa garam (tergenang) sedangkan satu yang lain diberi larutan garam (tergenang-bergaram) dengan peningkatan 50 mM perminggu sampai 10 minggu sehingga mendekati konsentrasi garam air laut (500 mM NaCl, CaCl<sub>2</sub>).

Untuk setiap perlakuan, 3 ulangan dengan 3 semai atau 3 setek secara random disusun dalam bak, ditambah lagi dengan 3 tanaman masing-masing yang dipersiapkan untuk sampel akar, daun dan pengukuran berat basah dan kering pada tingkat garam 0 mM. Pada akhir pengamatan (500 mM), 3 individu dari masing-masing tipe tanaman, masing-masing famili dan masing-masing perlakuan disampling untuk pengukuran akar, daun, berat basah dan kering.



Gambar 1. *Eucalyptus occidentalis* dengan perlakuan tergenang dan tergenang bergaram

## 2. Pengukuran dan Analisa Data

Tinggi, diameter, jumlah daun dan biomasa

Tinggi dan diameter (2 cm di atas media) diukur pada level konsentrasi 0 mM, 300 mM dan 500 mM. Semua daun ditandai marker pada level

0 mM, 300 mM dan 500 mM untuk mengenali jumlah daun baru yang diproduksi atau yang gugur. Pengukuran berat basah dan berat kering dari 3 semai dan 3 stek dilakukan pada level garam 0 dan 500 mM salt.

#### Akar

Akar disampel dan diukur untuk berat kering, berat basah dan panjang akar total dari 3 semai pada umur 0 mM dan 500 mM. Panjang akar pada 500 mM diukur dengan menggunakan *scanner* dan dianalisa menggunakan *Winrhizo v 4.1c* (Regent Instrument Inc, Quebec, Canada).

#### Analisa Data

Data dianalisa menggunakan *Genstat 9.2* (VSN International, Oxford) dengan ANOVA (*analysis of variance*) dua arah dan menggunakan famili dan tipe tanaman sebagai faktor. Data pengukuran pada awal eksperimen (0 minggu), digunakan sebagai kovariat. Perbedaan diantara rata-rata diuji dengan pengujian LSD Tukey.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Kemampuan memproduksi stek pada *E. occidentalis*

Pada tanaman pohon, pertumbuhan tunas dan pengontrolan pemunculan tunas bervariasi secara genetik (Cannell *et al.*, 1976; Thielges dan Beck, 1976) dan hal ini diperkirakan mempengaruhi perbedaan tanaman dalam penyediaan materi untuk pembuatan stek. Pada tanaman *Eucalyptus*, tipe tunas seperti ini juga banyak diproduksi (Fazio, 1964; Davidson, 1978, FAO, 1981) sebagai tunas laten/tetap yang mempunyai karakter juvenil dengan potensi perakaran yang tinggi (Hackett, 1985). Produksi tunas juvenil pada *E. occidentalis* juga menunjukkan perbedaan. Dari

3 famili *E. occidentalis* berumur 2 tahun dengan diameter batang 1-2 cm yang ditumbuhkan dalam pot (diameter 20 cm), setelah 1 minggu dipangkas telah tumbuh tunas dengan kisaran jumlah 6-44 dari batang utama, dan kisaran 2-12 dari cabang-cabangnya. Sementara dari segi kemampuan memproduksi tunas adventif, stek *E. occidentalis* yang diproduksi pada penelitian ini secara umum mempunyai jumlah akar adventif (3,7) yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan studi dengan jenis yang sama (Brammall dan Harwood, 2001) yang menunjukkan jumlah akar adventif 3,1. Dengan demikian, kapasitas memproduksi stek pada *E. occidentalis* diperkirakan berasal dari kemampuan tanaman induk untuk memproduksi material tunas untuk bahan stek serta kemampuan dari masing-masing genotip untuk memproduksi akar adventif dari bahan steknya sendiri.

Stek pada *E. occidentalis* kali ini dikoleksi dari umur induk tanaman 8,5 bulan yang mampu memproduksi 10-15 stek/tanaman induk. Kemampuan ini kemungkinan akan meningkat dengan bertambahnya umur, karena produksi stek pada *Eucalyptus*, secara kuantitatif dan kualitatif pernah digambarkan terbaik sampai umur 3-5 tahun dengan produksi 60-100 setek/pohon/tahun (Hartney, 1980; FAO, 1981). Secara umum Harwood *et al.* (2001) menyatakan bahwa *E. occidentalis* mempunyai potensi dikembangkan untuk perhutanan klonal. Hal ini dibuktikan dari kegiatan yang dilakukan oleh CSIRO (tidak dipublikasi) dengan pembuatan setek *E. occidentalis* yang tercatat telah mencapai keberhasilan (80-90%) dengan menggunakan *mini cutting*. Cara ini meniru apa yang dilakukan di Amerika Selatan yakni menggunakan bahan *mini*

cutting, dengan kandungan lignin yang rendah dan dikombinasi dengan pengaturan nutrisi yang seksama sebelumnya terhadap induk penghasil sumber stek (Bush *et al.*, 2007). Namun demikian, informasi teknis dari keberhasilan *mini cutting* yang dilakukan CSIRO terhadap jenis *E. occidentalis* tersebut sangat terbatas.

Dalam memproduksi klon, sumber asal materi yang akan diujikan untuk pengembangan ternyata juga perlu untuk dipertimbangkan. Contoh menunjukkan bahwa dari pengamatan beberapa tahun, semua klon *E. camaldulensis* dari Australia barat yang ditanam di negara bagian Victoria menunjukkan adanya indikasi yang jelas dengan kematian yang cepat di beberapa lokasi uji, sementara klon dari Broken Hill dan the Flinders Range tidak menunjukkan efek tersebut. Uji provenans terbukti menunjukkan bahwa klon dari Australia barat tidak cocok untuk kondisi iklim dan tanah yang berbeda di Victoria (Moris, 1995). Oleh karenanya dalam pengembangan klon *E. occidentalis* untuk pengujian pada berbagai daerah bergaram, sumber asal materi dimungkinkan akan mempengaruhi keberhasilannya.

#### **B. Kemampuan tumbuh stek dan semai *E. occidentalis* pada kondisi bergaram**

Pola tumbuh (tinggi dan diameter) antara kontrol, tergenang dan tergenang-bergaram 500 mM menunjukkan hal yang relatif sama, dengan yang tertinggi adalah semai dari famili bertoleransi tinggi 153-Red Lake (Gambar 2A dan B). Meskipun famili bertoleransi rendah 96-Lake Magenta mempunyai pertumbuhan relatif tinggi yang lebih baik pada semua kondisi (Gambar 2C), namun semai bertoleransi garam tinggi 153-Red Lake tetap selalu yang tertinggi.

Terdapatnya kesamaan kecenderungan bahwa famili yang baik di bawah kondisi normal juga akan baik pada kondisi ekstrim (Marcar dan Crawford, 2004), juga ditunjukkan disini.

Secara umum salinitas terbukti bisa menghalangi pertumbuhan tunas dan stimulasi pertumbuhan akar (Poljakoff-Mayber dan Lerner, 1999). Pada beberapa jenis tanaman yang merespon moderat terhadap salinitas termasuk lucerne (*Medicago sativa* L) (Maas dan Hoffman, 1977), ditunjukkan bahwa kerapatan perakaran yang lebih tinggi terjadi pada tingkat level garam yang lebih tinggi (760 mSm-1) dibandingkan pada level garam yang rendah (10 mSm-1) (Rogers 2001). Hal sama juga ditunjukkan pada tanaman cengkeh yang merupakan jenis tanaman yang beradaptasi pada kondisi bergaram (Rogers *et al.*, 1994). Kebutuhan lebih banyak akar ini diperkirakan merupakan kompensasi terhadap kondisi tanah/media yang buruk (Rogers, 2001).

Di bawah kondisi paling ekstrim (500 mM tergenang-bergaram) semai *E. occidentalis* tumbuh lebih baik dibandingkan stek. Penampilan stek dan semai famili pada kondisi tergenang dan tergenang-bergaram ternyata ditentukan oleh kemampuan masing-masing famili dalam memproduksi akar dan konsekuensinya produksi daun awal untuk menopang pertumbuhan. Meskipun secara umum semua tanaman *E. occidentalis* mengalami penurunan pertumbuhan pada kondisi tergenang, dan terlebih lagi pada kondisi tergenang-bergaram, namun terdapat konsistensi penampilan di antara famili dan di antara tipe tanaman. Famili 153-Red Lake terbukti menunjukkan pertumbuhan yang bagus hanya sebagai semai apapun kondisi lingkungannya. Hal ini terutama disebabkan karena perbedaan

antara panjang akar total diantara 2 tipe tanaman tersebut (Gambar 3) dengan semai yang tumbuh lebih baik karena perakaran yang lebih baik. Sementara itu pada famili bertoleransi rendah 96-Lake Magenta, dua tipe tanaman semai dan stek mempunyai kemiripan pada kondisi bergaram (Gambar 2A) dan hal ini terutama karena adanya kemiripan panjang akar (Gambar 3). Demikian juga penampilan semai yang lebih baik pada kondisi tak bergaram juga disebabkan karena karakter total panjang akar yang lebih baik. Pola ini sedikit berbeda dengan perbandingan yang terjadi pada semai dan stek *E. globulus* yang meskipun perbedaannya hanya sedikit baik pada kondisi kandungan air yang cukup maupun pada kondisi kekeringan yang meningkat (Sasse dan Sands, 1996), namun setelah yang menunjukkan penampilan yang sedikit lebih baik. Perbedaan antara famili 96-Lake Magenta dan 153-Red Lake Siding dan juga perbedaan yang terjadi pada *E. globulus*, menunjukkan bahwa perbedaan penampilan antara 2 tipe tanaman dipengaruhi oleh kemampuannya produksi akar yang berkualitas dari stek.

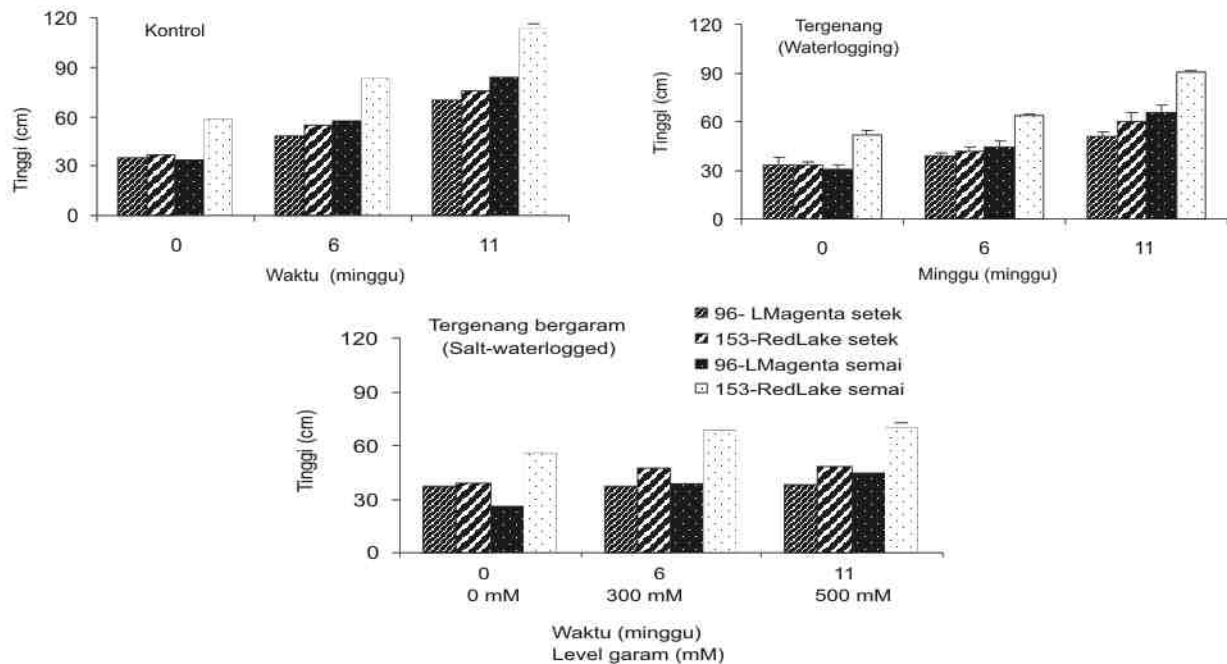
Perbedaan dalam hal berat kering akar ternyata juga terjadi antar klon *E. camaldulensis* dari provenans Wooramel Western Australia dan dari New South Wales serta Australia Selatan, pada salinitas 300 mM NaCl. (Farrel *et al.*, 1996). Klon yang mempunyai massa akar terbesar menunjukkan yang terbaik dalam hal memproduksi biomasa dan penggunaan air total. Namun pada perbandingan antar spesies dengan toleransi berlawanan yakni, semai *E. camaldulensis* yang bertoleransi sedang terhadap garam dan semai *Casuarina obesa* yang bertoleransi garam sangat tinggi (Marcar dan Crawford, 2004) ternyata

keduanya menunjukkan produksi jumlah akar yang hampir mirip pada kondisi garam tergenang pada konsentrasi sekitar 400 mM (Van der Moezel *et al.*, 1988). Sehingga disini menunjukkan bahwa dalam satu spesies, akar akan mempengaruhi penampilan pada kondisi bergaram, sementara antar spesies akar tidak mempengaruhi kemampuan untuk tumbuh pada kondisi salinitas tinggi.

Spesies bertoleransi tinggi yang lain, *E. kodinensis* dan *E. Spathulata*, juga menunjukkan penampilan yang terbaik justru dibawah kondisi garam kering. Sebaliknya, jenis bertoleransi rendah *E. globulus* memproduksi akar yang paling minimal pada level salinitas 150 mM NaCl saja jika dibandingkan dengan kontrol (Marcar, 1993). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman yang bertoleransi terhadap garam dapat memproduksi akar yang lebih baik dibandingkan tanaman yang tidak toleran pada kondisi bergaram. Secara umum, tanaman baru yang belum membentuk sistem perakaran akan lebih rentan terhadap kenaikan konsentrasi garam (Marcar, 2004). Sehingga pembuatan stek untuk menunjang perakaran sebaiknya dilakukan pada kondisi normal.

Bagi *E. occidentalis* pada kondisi tergenang bergaram, kedua tipe tanaman yang toleran menunjukkan tampilan yang lebih baik daripada 2 tipe tanaman dari famili bertoleransi rendah, meskipun di dalam masing-masing famili yang satu menunjukkan lebih baik dalam bentuk semai (153-Red Lake) dan yang lain tampil mirip baik dalam bentuk semai ataupun stek (96-Lake Magenta). Secara fundamental akar antara semai dan stek berbeda baik secara anatomi maupun morfologi dan hal ini berhubungan dengan asal

### A. Tinggi (cm)



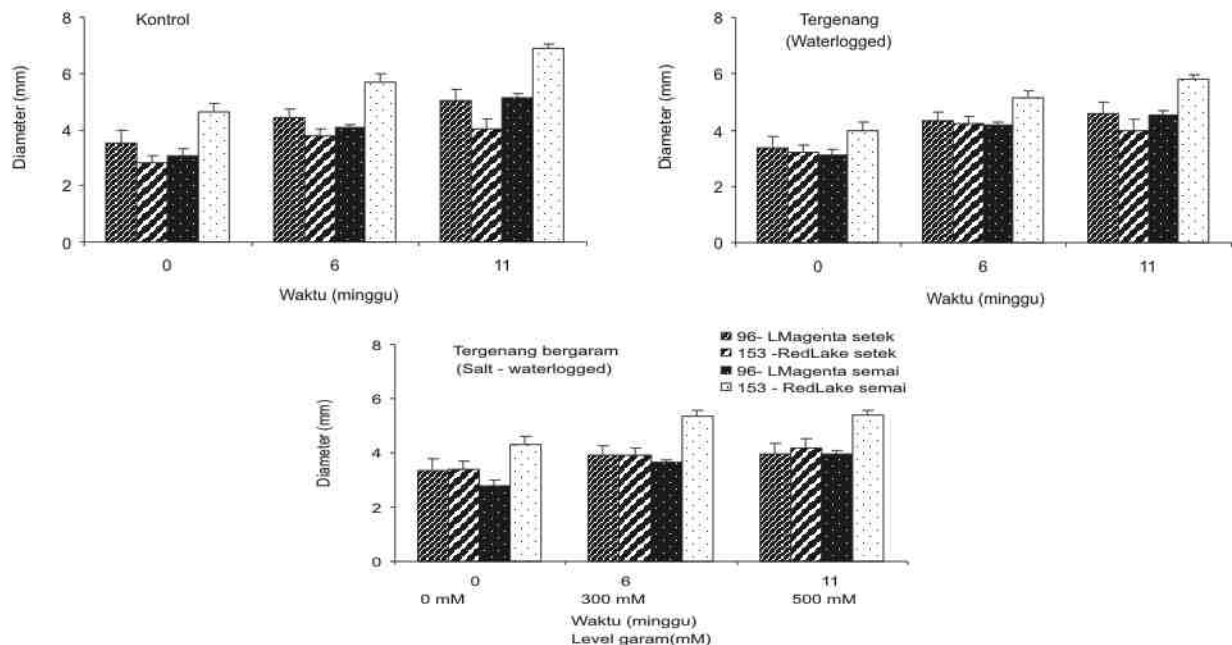
Tipe tanaman minggu 6 dan 11: \*\*\* ( $P < 0.001$ ), lsd minggu 6: 8.33, lsd minggu 11: 6.92.

Kontrol: famili, tipe tanaman dan famili.tipe tanaman: \*\*\*

Tergenang: famili, tipe tanaman dan famili.tipe tanaman: \*\*\*

Tergenang bergaram, famili, tipe tanaman dan famili.tipe tanaman pada 300 dan 500mM : \*\*\*  
lsd famili = 5.47, lsd tipe tanaman = 3.93, lsd famili.tipe tanaman = 4.49

### B. Diameter (mm)



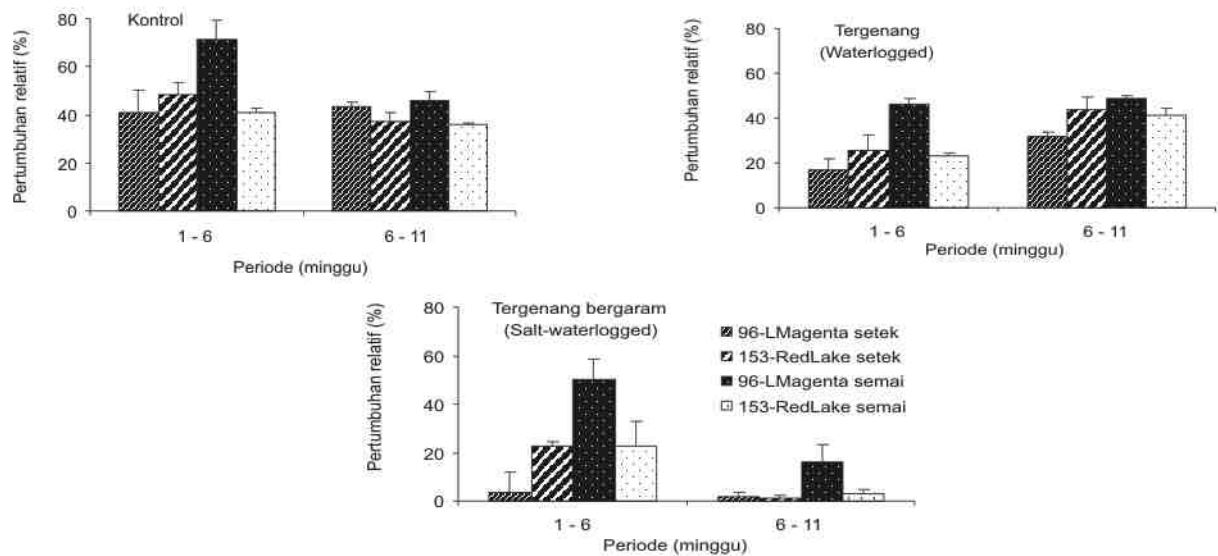
Tipe tanaman saat 6 minggu: \*\* ( $P = 0.001$ ) dan 11 minggu: \*\*\* ( $P < 0.001$ ),  
lsd 6 minggu: 0.19, lsd 10 minggu: 0.27

Kontrol saat 11 minggu: Famili: ns, Tipe tanaman dan Fam.Tipe tanaman : \*\*\*

Tergenang saat 11 minggu: Famili: ns, Tipe tanaman dan Famili.tipe tanaman : \*\*

Tergenang bergaram (500mM): Famili \*\*: Tipe tanaman dan Famili.Tipe tanaman \*\*\*  
lsd Famili = 0.36 lsd Tipe tanaman = 0.36 lsd Famili.Tipe tanaman = 0.5

C. Pertumbuhan Relatif (%) (((Tinggi akhir-tinggi awal)/tinggi awal)\*100%)



Tipe tanaman minggu 1-6 : \*\*\* (P<0.001), Perlakuan minggu 6-10: \*\*\* (P<0.001),  
Lsd tipe tanaman minggu 1-6 = 9.69  
Kontrol minggu 1-6 : tipe tanaman : \* interaksi \*\*, 6-11 minggu : (semua) ns  
Tergenang minggu 1-6 : tipe tanaman : \*\*, interaksi : \*\* 6-11 minggu : (semua) ns  
Tergenang bergaram, tipe tanaman pada 300- 500mM : \*\*\* (P<0.001),  
Lsd tipe tanaman = 4.8

Gambar 2. A. Tinggi (cm) B. diameter (mm) dan C. pertumbuhan relatif (((tinggi-tinggi awal)/tinggi awal)\*100%) dari setek dan semai dua famili *E. occidentalis*, 96-Lake Magenta dan 153-Red Lake Siding, pada kondisi perlakuan kontrol (kering), tergenang dan tergenang-bergaram

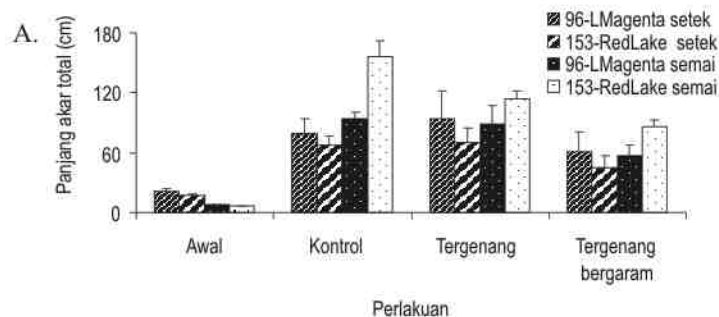
terbentuknya, namun demikian konsekuensi dari perbedaan tersebut tidak banyak diketahui (Sasse, 1995; Sasse dan Sands, 1996). Perbandingan semai dan stek *E. globulus* dengan genetik sama (*fullsib*) pada kondisi yang seragam menunjukkan bahwa ternyata perbedaan inheren terdapat pada sistem perakaran yang sebenarnya berasal dari metoda propagasinya (Sasse dan Sands, 1997). Semai mempunyai akar primer yang lebih banyak dan akan selalu berkembang dengan berjalannya waktu, sementara pada stek, jumlah akar adventif sebagai akar primer tidak akan berubah. Total panjang akar pada stek akan bergantung pada jumlah akar adventif awal yang terbentuk dan laju perpanjangannya. Sementara pada semai, panjang total terlihat lebih tinggi karena adanya perpanjangan akar utama (*tap*

*root*) dan penambahan akar primer, sehingga jumlahnya akan meningkat dengan adanya akar sekunder dan percabangan tingkat selanjutnya (Sasse, 1995). Oleh karenanya, untuk mengimbangi kemampuan semai, metode propagasi yang terbaik yang mampu mengoptimalkan jumlah akar inisial pada stek akan sangat dibutuhkan. Meskipun demikian pada tiap spesies *Eucalyptus*, kemampuan untuk membentuk akar juga dipengaruhi oleh genotip atau klon (Eldridge *et al.*, 1994). Pada *E. camaldulensis*, kontrol genetik lebih menentukan perbedaan dibandingkan dengan metoda propagasi (Bell *et al.*, 1994) dan hal ini juga menerangkan adanya perbedaan antara 2 tipe tanaman antara 2 famili *E. occidentalis* yang dilakukan pada penelitian ini, karena metoda propagasi yang

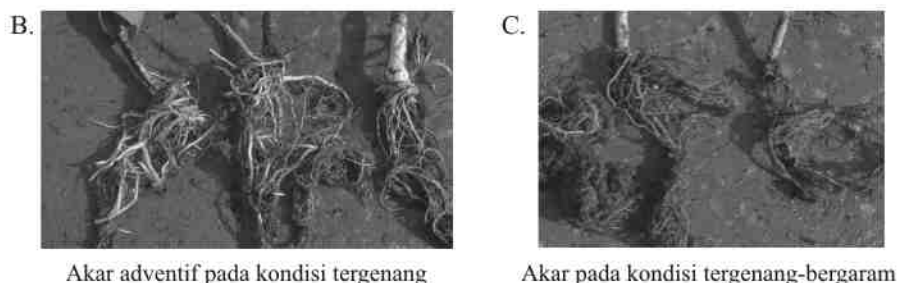
diterapkan secara sama pada kedua famili tersebut.

Pada lapangan bersalinitas, terdapat kemungkinan bahwa klon melebihi penampilan dari semai. Pada umur 12 bulan, klon (228-290 cm) *E. camaldulensis* asal Tarranyurk tumbuh lebih baik daripada semai (201-240 cm), demikian juga klon (228-310 cm) dari provenans Nhill dibandingkan semai (190-290 cm) (Morris, 1995). Pengujian *E. camaldulensis* di area bergaram, tanpa informasi level salinitasnya, menunjukkan bahwa klon terbaik pada umur 3 tahun mempunyai tinggi 84 cm dengan persen hidup 42%, sementara 2 klon yang lain mempunyai nilai secara berurutan 144 cm dan 58% serta 195 cm dan 27% (Moris, 1995). Hasil tampilan klon ini kemudian meningkat setelah perbaikan

teknik propagasi dilakukan, sehingga menghasilkan persen hidup yang lebih baik (>90%). Teknik pengembangan yang meningkatkan kesuksesan tersebut sesuai dengan saran perlunya perbaikan metoda propagasi yang terbukti mempengaruhi keberhasilan secara signifikan (Sasse dan Sands, 1997) terhadap sistem perakaran stek yang berdampak menentukan perbedaan penampilan antara semai dan stek. Pada penelitian *E. occidentalis* ini, famili toleran pada level tergenang-bergaram 500 mM, yang diwakili famili 153-Red Lake, tumbuh lebih baik daripada famili bertoleransi rendah, famili 96-Lake Magenta, baik dalam bentuk semai maupun stek. Jika ingin mengembangkan genotip yang toleran terhadap garam di lapangan, maka metoda propagasi yang mampu untuk meningkatkan



Minggu ke 0: tipe tanaman: \*\*\* ( $P < 0.001$ ), lsd tipe tanaman = 3  
Minggu ke 11: perlakuan, tipe tanaman, interaksi tipe tanaman. famili: \* ( $P = .005$ )  
lsd perlakuan = 21.06, lsd tipe tanaman = 17.19, lsd tipe tanaman.famili = 42.1



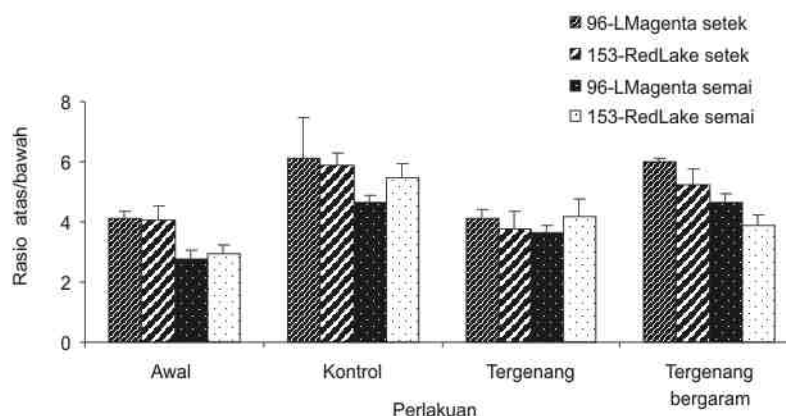
Gambar 3. A. Panjang akar total dari setek dan semai dua famili *E. occidentalis*, 96-Lake Magenta dan 153-Red Lake Siding, pada kondisi perlakuan kontrol (kering), tergenang dan tergenang bergaram B. Akar adventif semai pada kondisi tergenang C. Akar semai pada kondisi tergenang bergaram

jumlah akar pada stek dipastikan akan mempengaruhi besar pertumbuhan stek dari famili yang toleran tersebut.

### C. Kemampuan tumbuh stek dan semai *E. occidentalis* pada kondisi tergenang

*Eucalyptus occidentalis* merupakan jenis yang tahan kondisi tergenang (Marcar *et al.*, 2000). Pada studi ini secara umum, kondisi tergenang mengurangi panjang akar jika dibandingkan kontrol. Namun hal ini dipengaruhi terutama karena penurunan yang terjadi pada semai 153-Red Lake Siding (Gambar 3). Pola dengan proporsi akar yang lebih besar pada semai daripada stek tampak serupa terjadi pada semua perlakuan termasuk pada kondisi tergenang. Terbentuknya akar adventif yang lebih baik pada tanaman tertentu pada kondisi tergenang juga ditunjukkan pada *E. occidentalis* (Gambar. 3B) dengan total perakaran yang lebih panjang pada semai famili. Jenis ini mempunyai kemampuan yang sangat bagus untuk pertumbuhan akar sesuai dengan habitatnya yang sering ditemukan pada kondisi tergenang beberapa minggu sampai

beberapa bulan (Marcar dan Crawford, 2004). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian *Gmelina arborea* pada kondisi tergenang yang menunjukkan semai lebih toleran dibandingkan stek karena kemampuan semai untuk memproduksi akar adventif sehingga berat kering akar lebih besar (Osonubi dan Osuninda, 1987). Namun berbeda dengan semai, tekanan kondisi tergenang ternyata tidak mempengaruhi panjang akar pada stek *E. occidentalis*. Hasil ini berlawanan dengan stek jenis konifer yang pada kondisi tertekan (dingin), menjadi lebih kokoh, diameter dan berat akar lebih besar, tumbuh menjam lebih dalam dan sistem perakarannya lebih luas dibandingkan dengan semainya (Ritchie *et al.*, 1992). Pada kondisi tergenang, sedikitnya akar pada stek *E. occidentalis* ternyata tidak bisa menyamai keadaan perakaran semai. Bagi *E. occidentalis*, mekanisme tanaman untuk memproduksi akar adventif pada kondisi tergenang (Krizek, 1982) memperbaiki perakaran semai jenis ini, meskipun terdapat bukti yang menunjukkan bahwa perbedaan tanaman perbanyakan mikro dan semai



Perlakuan dan tipe tanaman: \*\* ( $P = .001$ ), lsd perlakuan 0.7, lsd tipe tanaman = 0.5

Gambar 4. Rasio biomass atas dan akar (S/R) dari setek dan semai dua famili *E. occidentalis*, 96-Lake Magenta dan 153-Red Lake Siding, pada kondisi perlakuan kontrol (kering), tergenang dan tergenang bergaram

*E. camaldulensis* ternyata hilang setelah tanaman menjadi dewasa (Bell *et al.*, 1994). Oleh karenanya untuk memproduksi klon pada kondisi tergenang, proporsi perakaran awal yang lebih banyak diperlukan terutama melalui pengembangan teknik propagasinya.

Rasio berat kering *shoot/root* (S/R) pada *Eucalyptus occidentalis* menurun pada kondisi tergenang (Gambar 4). Stek mempunyai S/R yang tinggi pada kondisi awal, kontrol maupun pada kondisi tergenang-bergaram dibandingkan semai. Namun pada kondisi tergenang, proporsi S/R pada akhir pengamatan menunjukkan kemiripan pada semua tipe tanaman dan famili, yang hal ini menunjukkan bahwa stek juga mampu untuk mengembangkan akar dibawah kondisi tergenang. Tanaman umumnya menunjukkan kondisi homeostatis, yakni mempertahankan karakter rasio S/R (Klepper, 1991). Adanya perubahan rasio ini karena berkurangnya pada salah satu bagian, akan menyebabkan tanaman untuk merespon secara cepat dengan penurunan berat kering pada kedua bagian. Meskipun demikian, pada akhirnya kedua bagian tersebut akan saling berkompensasi dengan pengaturan alokasi sumber untuk perbaikan bagian yang rusak sehingga rasio S/R akan menjadi pulih kembali (Klepper, 1991; Poljakoff-Mayber dan Lerner, 1999). Pada kondisi tergenang-bergaram, naiknya rasio S/R dimungkinkan bahwa pertumbuhan bagian atas tanaman (*shoot*) dan bagian akar (*root*) menjadi menurun (Poljakoff-Mayber dan Lerner, 1999) sehingga rasio menjadi naik lagi.

Pada kondisi kontrol dan tergenang-bergaram, kecenderungan rasio ini mempunyai kemiripan pada *E. occidentalis*, sementara pada

kondisi tergenang nilai rasio menjadi berkurang mengindikasikan menurunnya proporsi bagian atas tanaman (*shoots*) yang hal ini terjadi pada semua tipe tanaman. Sedikitnya penurunan jenis ini pada kondisi tergenang jika dibandingkan kontrol dimungkinkan karena jenis ini cukup toleran terhadap kondisi tersebut seperti sering terlihat pada kondisi habitat alamnya yang sering tergenang secara periodik (Brooker dan Kleinig, 1990).

Kecenderungan menurunnya pertumbuhan bagian atas dibandingkan pertumbuhan akar sering ditemui pada kondisi tertekan termasuk pada kondisi salinitas maupun kekeringan (Munns dan Sharp, 1993; Hsiao dan Xu, 2000; Munn, 2002). Berlawanan dengan bagian atas tanaman, akar akan kembali normal secara lebih baik pada kondisi tertekan (Hsiao dan Xu, 2000). Pada kondisi tergenang, *E. occidentalis* juga lebih cenderung mengalami penurunan bagian atas dibandingkan dengan bagian akar.

#### IV. KESIMPULAN

Semai masih merupakan pilihan tipe tanaman terbaik untuk ditumbuhkan pada kondisi tertekan (tergenang dan/atau salinitas tinggi), kecuali metode propagasi untuk memperbaiki kelimpahan akar pada stek dapat dilakukan. Semai maupun stek dari famili 153-Red Lake yang bertoleransi tinggi, tumbuh lebih baik pada konsentrasi garam tinggi dibandingkan famili 96-Lake Magenta yang bertoleransi rendah. Pada garam tinggi tersebut, semai famili 153-Red Lake lebih baik daripada stek, namun kedua tipe tanaman tersebut tidak jauh berbeda pada famili 96-Lake Magenta. Keberhasilan pengembangan

teknik produksi stek menunjukkan jalan keluar yang menjanjikan untuk pengembangan *E. occidentalis* unggul.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Prof. Julie Plummer dari The University of Western Australia dan Dr. Liz Barbour dari Forest Product Commission Western Australia yang mengarahkan penulisan dan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Forest Product Commission yang telah menyediakan dana penelitian dan Len Norris dari persemaian Forest Product Commission di Wanneroo Western Australia, yang membantu persiapan dan pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barret-Lennard, E. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications. *Plants & Soil* **253**: 35-54.
- Bell, D. T., McComb, J. A., Van der Moezel, P. G., Bennet, I. J., dan Kabay, E. D. (1994). Comparisons of Selected and Cloned Plantlets against Seedlings for Rehabilitation of saline and Waterlogged Discharge Zones in Australian Agricultural Catchment. *Aust. For.* **57**: 69-75.
- Brammall, B., dan Harwood, C. E. (2001). Vegetative propagation by rooted cuttings of *Eucalyptus* from temperate low-rainfall environments, Cooperative Low Rainfall Tree Improvement in Australia. In "IUFRO Conference: Developing the *Eucalyptus* of the future", 10-14, September 2001, Valdivia, Chile.
- Brooker, M. I. H., dan Kleinig, D. A. (1990). "Field guide to eucalyptus: Vol. 2, South western and southern Australia.," Inkata Press, Melbourne.
- Bush, D., Butcher, T., Harwood, C., Bird, R., Henson, M., dan Shaw, S. (2007). "Progress in Breeding Trees for Low Rainfall Farm Forestry." RIRDC Publication No.07/078, RIRDC Project No. CSF-62A, Rural Industries Research and Development Corporation, Kingston, Canberra, Australia.
- Cannell, M. G. R., Thomson, S., dan Lines, R. (1976). An analysis of inherent differences in shoot growth within some north temperate conifers. In "Tree Physiology and Yield Improvement" (M. G. R. Cannell, Last, FT., ed.). Academic Press, London.
- Marcar, N. E., dan Crawford, D. F. (2004). "Trees for Saline Landscapes," RIRDC Publication Number 03/108., Canberra. Australia.
- Davidson, J. (1978). Problems of vegetative propagation of *Eucalyptus*. In "Third-World Consultation on Forest Tree Breeding", pp. Documents (FO-FTB-77-4/10), Canberra, Australia.
- Eldridge, K., Davidson, J., Harwood, C., dan Van Wyk, G. (1994). "*Eucalyptus* domestication and breeding," Clarendon Press, Oxford University.
- FAO (1981). "*Eucalyptus* for Planting," Forestry Series no 11, FAO, Rome, Italy.
- Farrell, R. C. C., Bell, D. T., Akilan, K., dan Marshall, J. K. (1996). Morphological and Physiological Comparisons of Clonal Lines

- of *Eucalyptus camaldulensis*. II. Responses to Waterlogging/Salinity and Alkalinity. *Aust. Plant Physiol.* **23**: 497-507.
- Fazio, S. (1964). Propagating *eucalyptus* from cuttings. *Proc. Intern. Plant. Prop. Soc* **14**: 288-290.
- Hackett, W. P. (1985). Juvenility, maturation and rejuvenation in woody plants. In "Horticultural Review, Vol. 7" (J. Janick, ed.). Avi Publishing, Connecticut, USA.
- Hartney, V. J. (1980). Vegetative propagation of the *Eucalyptus*. *Aust. For. Res.* **10**: 191-211.
- Harwood, C., Bulman, P., Bush, D., Mazanec, R., dan Stackpole, D. (2001). "Compendium of Hardwood Breeding Strategies.." Joint Venture Agroforestry Program (Rural Industries, Land & Water, Forest and wood Products, Research and Development Corporations), Canberra, Australia.
- Hendrati, R.L., 2008, Developing systems to identify and deploy saline and waterlogging tolerant lines of *Eucalyptus occidentalis* Endl., PhD thesis, The University of Western Australia, Perth, Australia
- Hsiao, T. C., dan Xu, L. K. (2000). Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. *J. Exp. Bot.* **25**: 1595-1616.
- Humphreys, M. O., dan Humphreys, M. W. (2005). Breeding for stress resistance: general principles. In "Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches" (M. Ashraf, Harris, PJC, ed.). Food Product Press, An Imprint of the Haworth Press, London.
- Klepper, B. (1991). Root-shoot relationship. In "Plant Roots" (Y. Waisel, Eshel, A, Kafkafi, U, ed.), pp. 265-286. Marcel Dekker, New York.
- Kozlowski, T. T. (1977). "Responses of woody plants to flooding and salinity," Tree Physiology Monograph No.1, Heron Publishing, Victoria, Canada,.
- Krizek, D. T. (1982). Plant response to atmospheric stress caused by waterlogging. In "Breeding plants for less favorable environments" (M. N. Christiansen, Lewis, CF, ed.). John Wiley and Son, Brisbane.
- Maas, E. V., dan Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig.Drain. Div.* **103**: 115 - 34.
- Marcar, N. E. (1989). Salt tolerance of frost-resistance eucalypts. *New. For.* **3**: 141-149.
- Marcar, N. E. (1993). Waterlogging modifies growth, water use and ion concentration in seedlings of salt-treated *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. robusta* and *E. globulus*,. *Aust. J. Plant. Physiol.* **20**: 1-13.
- Marcar, N. E., Arnold, R., dan Benyon, R. (2000). "Trees for saline environments," <http://www.soil-water.org.au/Ed>. Special issue: June 2000, Australian Association of Natural Resource Management.
- Marcar, N. E., dan Crawford, D. F. (2004). "Trees for Saline Landscapes," RIRDC Publication Number 03/108., Canberra. Australia.
- Morris, J. D. (1995). Clonal red gums for Victorian planting. In "Trees and Nat. Resour." Vol. 37, pp. 26-28.

- Munichor, L., dan Itai, C. (1976). Some responses of *Eucalyptus occidentalis* to anaerobic conditions. *Israel J. Bot.* **25**: 94.
- Munns, R., dan Sharp, R. E. (1993). Involvement of abscisic acid in controlling plant growth in soils of low water potential. *Aust. J. Plant. Physiol.* **25**: 425-437.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environ.* **25**: 239.
- Osonubi, O., dan Osuninda, M. A. (1987). Comparison of the responses to flooding of seedlings and cuttings of *Gmelina*. *Tree Physiol.* **3**: 147-156.
- Poljakoff-Mayber, A., dan Lerner, H. R. (1999). Plants in saline environments. In "Handbook of Plant and crop stress" (M. Pessarakli, ed.). Marcel Dekker, New York.
- Ritchie, G. A., Tanaka, Y., dan Duke, S. D. (1992). Physiology and morphology of Douglas-fir rooted cuttings compared to seedlings and transplants. *Tree Physiol.* **10**: 179-194.
- Rogers, M. E. (2001). The effect of saline irrigation on lucerne production: shoot and root growth, ion relations and flowering incidence in six cultivars grown in northern Victoria, australia. *Irrig. Sci.* **20**: 55-64.
- Sasse, J. (1995). Problems with propagation of *Eucalyptus globulus* by stem cuttings. In "Poster presented at CRC for Temperate Hardwood Forestry, IUFRO, Conference, 19-24 February 1995, pp 319-320", Hobart, Australia.
- Sasse, J., dan Sands, R. (1996). Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. *Tree Physiol.* **16**: 287-294.
- Sasse, J., dan Sands, R. (1997). Configuration and development of root systems of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus*. *New For.* **14**: 85-105.
- Shanon, M. C. (1997). Genetics of Salt tolerance in Higher Plants. In "Strategies for improving salt tolerance in higher plants" (P. K. Jaiwal, Singh, RP, Gulati, A, ed.). Sci. Publishers, New Hampshire, USA.
- Sharma, S. K., dan Goyal, S. S. (2003). Progress in Plant Salinity Resistance Research: Need for integrative paradigm. In "Crop production in saline environments: Global and Integrative perspectives" (S. S. Goyal, Sharma, S.K, Rains, D.W, eds.), Food Products Press. An imprint of the Haworth Press. London.
- Thielges, B., dan Beck, R. C. (1976). Control of bud breaks and its inheritance in *Populus deltoides*. In "Tree Physiology and Yield Improvement" (M. G. R. Cannel dan F. T. Last, eds.). Academic Press, London.
- Van der Moezel, P. G., Watson, L. E., Pearce-Pinto, G. V. N., dan Bell, D. T. (1988). The responses of six *Eucalyptus* species and *Casuarina obesa* to the combined effect of salinity and waterlogging. *Aust. J. Plant Physiol.* **15**: 465-474.