

**BIBIT JATI TETRAPLOID LEBIH TOLERAN TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN
DARIPADA BIBIT JATI DIPLOID ASALNYA**

*(Tetraploid Teak Seedling was More Tolerant to Drought Stress than Its Diploid
Seedling)*

Ridwan,* Tri Handayani, Indira Riastiwi, dan Witjaksono

Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46, Kode Pos 16911 Cibinong, Indonesia

Telp. +62 218765066/7; Faks. +62 218765059

Article Info

Article History:

Received 26 July 2017;
received in revised
form 12 February
2018; accepted 12
February 2018.
Available online since
27 March 2018

Kata kunci:

Jati
Diploid
Tetraploid
Cekaman kekeringan

ABSTRAK

Kebutuhan kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) untuk industri nasional hanya bisa dipenuhi sekitar 0,75 juta m³/tahun dari 2,5 juta m³/tahun yang diantaranya disebabkan oleh umur panen pohon jati yang lama dan semakin berkurangnya lahan yang sesuai dengan habitat jati akibat perubahan iklim. Indonesia memiliki lahan kering yang cukup luas untuk pengembangan jati, sehingga dibutuhkan bibit tanaman jati yang bisa tumbuh cepat dan tahan dengan kondisi kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sifat ketahanan klon jati tetraploid dengan diploid terhadap cekaman kekeringan. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan ulangan sebanyak 9 kali di rumah kaca. Faktor pertama adalah klon diploid (2x) dan tetraploid (4x). Faktor kedua adalah tingkat cekaman kekeringan meliputi interval penyiraman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan disiram hanya di awal perlakuan. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, luas daun, ketebalan daun, potensial air daun, stomata, perakaran, dan bobot kering tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan kedua klon bibit jati menurun dalam kondisi cekaman kekeringan, namun pertumbuhan bibit tetraploid lebih baik dibandingkan dengan bibit diploidnya.

Keywords:

Teak
Diploid
Tetraploid
Drought stress

ABSTRACT

The demand of teak (*Tectona grandis* L.f.) wood for the national industry can only be fulfilled about 0.75 million m³/year from 2.5 million m³/year which is caused by the long of harvesting time and the derivation of suitable land for teak due to climate change. Indonesia has a wide area of dry land to develop teak plant, so that, fast growing and drought resistant teak seedling is needed. The aim of this research was to compare the resistance of tetraploid and diploid teak clone to drought stress. The research was conducted in the greenhouse using Randomized Block Design with two factors and 9 replications. The first factor was clone i.e. diploid (2x) and tetraploid (4x). The second factor was drought stress levels consisted of 5 watering intervals i.e. 3 days, 7 days, 14 days, 21 days, and watering only at the treatment began. Plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, leaf thickness, leaf water potential, stomata, root system, and plant dry weight were observed to evaluate the plant growth. The result showed that the growth of both tetraploid and its diploid seedling clones were declined under drought stress. However, the growth of tetraploid seedling is better than its diploid seedling.

* Corresponding author. Tel.: +62 81915799980

E-mail address: ridwan6words@gmail.com (Ridwan)

I. PENDAHULUAN

Kayu jati memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Kemendag tahun 2012, menetapkan harga kayu jati dengan diameter 30 cm lebih sebesar Rp3.789.000/m³) karena memiliki kualitas yang tergolong kelas I. Kayu jati terutama digunakan untuk industri mebel dan bangunan dengan kebutuhan secara nasional sekitar 2,5 juta m³/tahun, namun yang dapat terpenuhi baru sekitar 0,75 juta m³/tahun (Efansyah *et al.*, 2012). Salah satu faktor yang menyebabkan kebutuhan nasional kayu jati belum terpenuhi adalah umur panen dari pohon jati yang lama, yaitu sekitar 60 tahun (Yunianti, 2012). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sudah mengembangkan jati platinum yang bisa tumbuh lebih cepat dari pada jati lokal (Pramasari *et al.*, 2014) sehingga dapat dipanen dalam waktu yang lebih cepat (8-10 tahun). Jati platinum LIPI umur 5 tahun memiliki kualitas kayu yang diindikasikan oleh nilai MOR (*Modulus of Rupture*), MOE (*Modulus of Elasticity*), dan densitas kayu yang hampir setara dengan kayu jati rakyat yang berumur 20-30 tahun sehingga jati platinum LIPI diduga memiliki prospek yang bagus sebagai bahan struktural dan furnitur (Adi *et al.*, 2016)

Penelitian lanjutan untuk meningkatkan kualitas klon jati tersebut masih terus dilakukan untuk mendapatkan kayu jati yang lebih baik, cepat tumbuh, dan yang toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik terutama cekaman kekeringan. Peningkatan kualitas bibit jati tersebut penting dilakukan mengingat Indonesia memiliki lahan kering yang semakin luas karena perubahan iklim. Lahan tersebut berpotensi sebagai lokasi untuk pengembangan tanaman jati. Kekurangan air karena curah hujan yang tidak menentu juga bisa menjadi masalah terhadap tingkat keberhasilan penanaman jati terutama pada masa awal penanaman sehingga diperlukan bibit yang juga toleran terhadap kekeringan. Bibit jati yang bisa tumbuh cepat dengan kualitas yang baik dan toleran terhadap cekaman kekeringan sangat diperlukan untuk meningkatkan pemenuhan kebutuhan kayu jati nasional.

Manipulasi ploidi melalui kultur jaringan telah dilakukan untuk memperbaiki genetik tanaman jati platinum. Jati platinum diploid ($2n=2x=36$) digandakan kromosomnya menjadi tetraploid ($2n=4x=72$) dengan menggunakan senyawa orizalin (Witjaksono, 2015). Senyawa orizalin merupakan salah satu senyawa yang dapat menghambat pembentukan benang spindel pada proses pembelahan sel yang dapat menginduksi peningkatan ploidi pada sel tanaman. Peningkatan ploidi sudah terbukti pada banyak tanaman dapat meningkatkan ukuran dan pertumbuhan tanaman (Wang *et al.*, 2015; Ye *et al.*, 2010; Hummer, 2015). Laporan lain

mengungkapkan bahwa tanaman tetraploid memiliki ketahanan terhadap kondisi kekurangan air yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman diploidnya (Chandra & Dubey, 2010; Liu *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2015). Namun demikian, sampai saat ini belum ada laporan mengenai tingkat ketahanan tanaman jati tetraploid terhadap cekaman kekeringan sehingga penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tingkat ketahanan bibit jati tetraploid dengan yang diploid terhadap cekaman kekeringan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan April – Agustus 2015 di Rumah Kaca Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi LIPI dengan menggunakan 2 klon bibit jati dengan tingkat ploidi yang berbeda yaitu bibit jati platinum diploid ($2n=2x=36$) dan bibit jati platinum yang sudah digandakan kromosomnya menjadi tetraploid ($2n=4x=72$) dengan menggunakan senyawa orizalin. Tunas *in vitro* jati platinum diploid diredam dalam larutan oryzalin pada konsentrasi 15 – 60 μ M. Tingkat ploidi tunas jati tetraploid hasil perlakuan oryzalin dianalisis dengan menggunakan flow cytometer dan dikonfirmasi dengan menghitung jumlah kromosom pada akar tunasnya. Bibit yang digunakan untuk percobaan berumur 3 bulan setelah dipindahkan dari bak aklimatisasi. Rancangan Acak Kelompok diterapkan dengan 2 faktor yang diulang sebanyak 9 kali. Faktor pertama adalah klon bibit jati yaitu bibit jati diploid ($2x$) dan bibit jati tetraploid ($4x$). Faktor kedua adalah interval penyiraman yang diberikan yang meliputi: 1) interval penyiraman 3 hari (kontrol); 2) interval penyiraman 7 hari; 3) interval penyiraman 14 hari; 4) interval penyiraman 21 hari; dan 5) disiram sekali hanya di awal perlakuan. Jumlah air yang diberikan pada setiap penyiraman adalah 9 liter (dosis air untuk mencapai kadar lengas kapasitas lapang pertama kali).

Bibit jati disapih pada saat media bibit dalam kondisi kadar lengas kapasitas lapang. Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah, pupuk kandang, dan arang sekam dengan perbandingan 10:1:1 dengan bobot total 35 kg dalam wadah polibag berukuran 60/40 cm. Untuk mendapatkan media bibit dengan kondisi 100% kapasitas lapang, media diairi sampai jenuh kemudian dibiarkan sampai air tidak menetes lagi dari media. Kadar air media pada kondisi kapasitas lapang ditentukan dengan metode gravimetri.

Pengamatan tinggi bibit, diameter batang bibit, jumlah daun, dan luas daun dilakukan secara rutin dengan interval 1 minggu. Perakaran dan bobot kering tanaman diamati pada akhir percobaan secara destruktif. Pengamatan

ketebalan daun dan stomata (panjang, lebar, dan kerapatan) dilakukan pada saat bibit berumur 4 bulan. Sampel daun yang diukur adalah bagian tengah dari daun ketiga. Preparasi untuk pengamatan ketebalan daun dengan preparat semipermanen menggunakan metode paraffin modifikasi (Sass, 1951), sedangkan preparasi untuk pengamatan stomata menggunakan metode kutek (Haryanti, 2010). Pengamatan ketebalan daun dan stomata menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40x, dihitung dan diukur secara manual menggunakan mikrometer. Pengamatan potensial air daun menggunakan alat WP4 PotentiaMeter (Sowmen et al., 2014) di Laboratorium Fisiologi Stress Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi LIPI.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Data agronomi

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa klon jati dan perlakuan interval penyiraman berpengaruh nyata terhadap seluruh karakter pertumbuhan tanaman yang diamati kecuali jumlah daun dan panjang akar (Tabel 1). Sedangkan interaksi antara klon jati dan interval penyiraman hanya terlihat pada parameter rasio tunas akar.

a. Tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, dan luas daun

Variabel tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, dan luas daun bibit jati diploid dan tetraploid rata-rata memasuki fase eksponensial pada umur 4 minggu (Lampiran). Perlakuan interval penyiraman terlihat mulai memengaruhi pertumbuhan bibit pada minggu ke-8 setelah perlakuan diterapkan. Semakin panjang interval penyiraman akan semakin tertekan pertumbuhannya. Bibit jati tetraploid memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan klon

jati diploid pada setiap rezim interval penyiraman mulai dari minggu ke-8 sampai ke-16. Begitu juga dengan perlakuan interval penyiraman sekali di awal, bibit jati tetraploid selalu lebih tinggi dengan diameter batang dan daun yang lebih besar. Hanya jumlah daunnya saja yang lebih sedikit mulai minggu ke-13 (Lampiran).

Bibit jati tetraploid menunjukkan kinerja yang lebih baik daripada klon diploid untuk variabel pertumbuhan tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, dan luas daun (Gambar 1). Pada hampir seluruh rezim interval penyiraman, perbedaan pertumbuhan tersebut mencapai hampir 20% untuk selang waktu pengamatan 4 bulan. Pertumbuhan bibit menurun secara linier dengan semakin panjangnya interval penyiraman. Pada perlakuan penyiraman sekali pada awal perlakuan, sampai umur 4 bulan, walaupun tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun tidak berbeda nyata (Gambar 1.A, 1.B, 1.C), namun luas daun klon jati tetraploid lebih besar dari pada klon jati diploid (Gambar 1.D). Pada umur 5 bulan, klon jati tetraploid juga terlihat lebih mampu bertahan hidup dibandingkan dengan klon jati diploid pada kondisi cekaman kekeringan yang ekstrim (penyiraman hanya sekali di awal). Bibit jati tetraploid masih hidup meskipun daunnya sudah mulai menguning dan layu, sedangkan klon jati diploid sudah kering dan mati.

b. Perakaran dan bobot kering bibit

Panjang akar klon jati diploid dan tetraploid tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Gambar 2.A). Namun demikian, bobot kering akar dan rasio tunas-akar bibit jati tetraploid lebih tinggi dibandingkan dengan bibit jati diploid (Gambar 2.B dan 2.D). Bobot kering tunas dan bobot kering bibit jati tetraploid juga secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan klon jati diploid pada seluruh rezim interval penyiraman (Gambar 2.C dan 2.E).

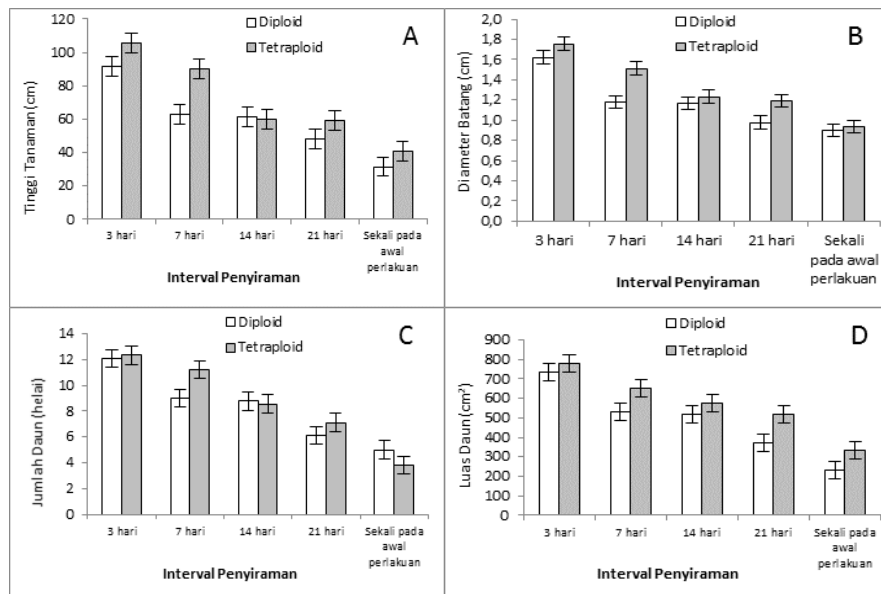
Tabel 1. Analisis varian pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan bibit jati

Table 1. Analysis of variance of the treatments on teak seedling growth

Sumber keragaman (Source of variance)	Db (df)	Tinggi bibit (Seedling height)	Diameter batang (Stem diameter)	Jumlah daun (Leaves number)	Luas daun (Leaf area)	Panjang akar (Root length)	Bobot kering akar (Root dry weight)	Rasio tunas akar (Shoot: root)	Bobot kering bibit (Seedling dry weight)
Klon Jati (Teak Clone)	1	8,190**	14,062**	1,719 ^{NS}	11,339**	0,080 ^{NS}	92,016**	12,657**	112,648**
Interval penyiraman (Watering Intervals)	4	27,804**	38,811**	37,087**	24,193**	1,915 ^{NS}	79,982**	14,296**	148,025**
Klon Jati ^X Interval Penyiraman (Teak Clone ^X Watering Intervals)	4	1,836 ^{NS}	1,966 ^{NS}	1,153 ^{NS}	0,449 ^{NS}	0,629 ^{NS}	0,959 ^{NS}	9,345**	1,735 ^{NS}
Galat (Error)	72								

Keterangan: ** berbeda sangat nyata, ^{NS} tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95%

Remarks: **Highly Significant, ^{ns}Not Significant at 95% Confidence Level



Gambar 1. Rata-rata pertumbuhan bibit jati diploid dan tetraploid pada berbagai interval penyiraman pada umur 16 minggu. A) Tinggi Bibit; B) Diameter Batang; C) Jumlah Daun; D) Luas Daun.
Figure 1. The Average of the growth between diploid and tetraploid teak seedling under several watering intervals at 16 weeks. A) Seedling height; B) Stem diameter; C) Leaves number; D) Leaf area.

Panjang akar bibit pada seluruh interval penyiraman tidak berbeda nyata (Gambar 2.A). Namun, bobot kering akar, bobot kering tunas, dan bobot kering bibit menurun dengan meningkatnya cekaman kekeringan.

Rasio tunas-akar bibit jati diploid menurun dengan semakin lama interval penyiraman. Rasio tunas-akar klon jati tetraploid meningkat kembali pada perlakuan penyiraman hanya sekali. Bobot kering bibit kedua klon jati semakin menurun dengan meningkatnya interval penyiraman. Namun, klon jati tetraploid selalu memiliki bobot kering tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan klon jati diploid pada semua rezim interval penyiraman (Gambar 2.E).

2. Data anatomi

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa klon jati berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter anatomi daun (Tabel 2).

Perlakuan interval penyiraman berpengaruh nyata pada tebal daun, tebal epidermis bawah, tebal palisade, dan tebal bunga karang, namun tidak berpengaruh nyata terhadap tebal epidermis atas. Di antara seluruh parameter anatomi daun tersebut, hanya tebal epidermis bawah yang dipengaruhi secara nyata oleh interaksi dari klon jati dan interval penyiraman.

a. Ketebalan daun

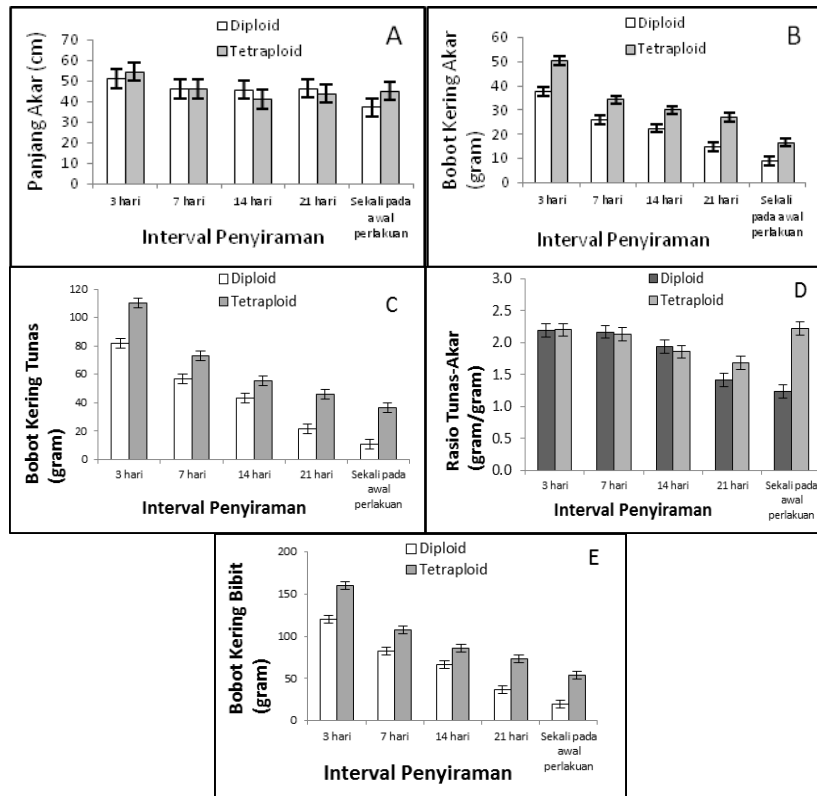
Tebal daun kedua klon bibit jati diploid dan tetraploid memiliki pola yang berbeda jika diberikan perlakuan cekaman kekeringan (Gambar 3). Daun bibit jati diploid memiliki kecenderungan semakin tipis dengan semakin tingginya tingkat cekaman kekeringan, sedangkan daun bibit jati tetraploid cenderung menipis hanya sampai perlakuan interval penyiraman 14 hari, setelah itu menebal kembali pada cekaman kekeringan yang lebih berat, yaitu perlakuan

Tabel 2. Analisis varian pengaruh perlakuan terhadap parameter anatomi

Tabel 2. Analysis of variance of the treatments on leaf anatomy

Sumber keragaman (Source of variance)	Db (df)	Tebal daun (Leaf thickness)	Tebal epidermis atas (Thickness of upper epidermis)	Tebal epidermis bawah (Thickness of lower epidermis)	Tebal palisade (Thickness of palisade)	Tebal bunga karang (Thickness of spongy)
Klon Jati (Teak Clone)	1	18.593**	23.973**	27.402**	26.339**	13.168**
Interval penyiraman (Watering Intervals)	4	3.380*	1.619 ^{NS}	3.210*	3.242*	7.246**
Klon Jati ^X Interval Penyiraman (Teak Clone ^X Watering Intervals)	4	1.589 ^{NS}	0.922 ^{NS}	8.512**	2.509 ^{NS}	2.388 ^{NS}
Galat (Error)	72					

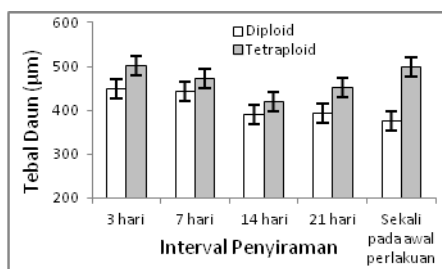
Keterangan: * Berbeda nyata, ** berbeda sangat nyata, ^{NS} tidak berbeda nyata pada taraf kepercayaan 5%
Remarks: *Significant different, **Highly Significant, ^{NS}Not Significant at 95% Confidence Level



Gambar 2. Rata-rata panjang akar (A), bobot kering akar (B), bobot kering tunas (C), rasio tunas akar (D), dan bobot kering bibit (E).

Figure 2. The average of root length (A), root dry weight (B), shoot dry weight (C), shoot-root ratio (D), and seedling dry weight (E).

interval penyiraman 21 hari dan perlakuan penyiraman hanya sekali. Selain itu, daun bibit jati tetraploid selalu lebih tebal pada semua perlakuan interval penyiraman dibandingkan dengan bibit jati diploidnya.



Gambar 3. Tebal daun bibit jati diploid dan tetraploid.

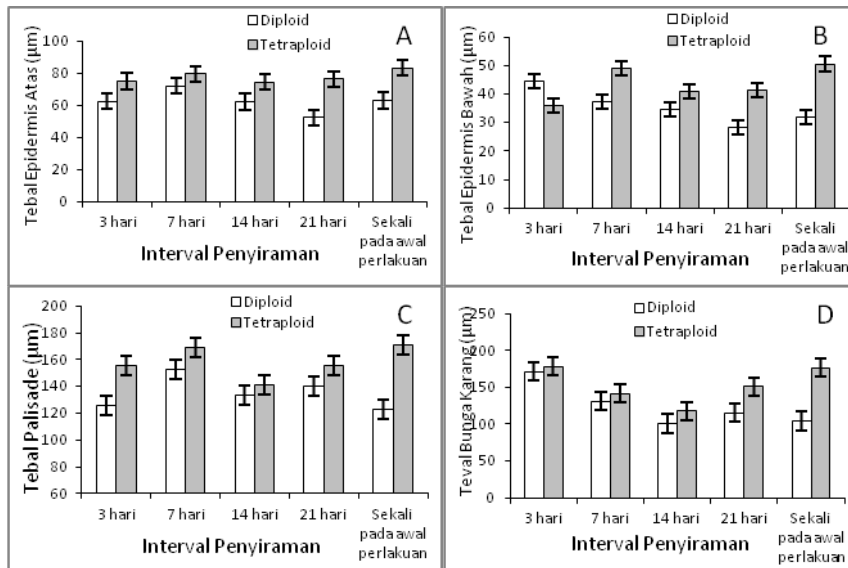
Figure 3. Leaf thickness of diploid and tetraploid teak seedlings.

b. Tebal epidermis dan mesofil

Epidermis atas daun bibit jati tetraploid selalu lebih tebal jika dibandingkan dengan diploidnya pada semua rezim interval penyiraman (Gambar 4). Ketebalan epidermis atas bibit jati tetraploid cenderung meningkat dengan meningkatnya interval penyiraman, sebaliknya

ketebalan epidermis atas bibit jati diploid cenderung menurun (Gambar 4.A). Pola yang sama terlihat juga pada epidermis bawah kedua klon jati. Epidermis bawah bibit jati tetraploid lebih tipis dibandingkan diploidnya hanya pada perlakuan interval penyiraman 3 hari. Namun demikian, pada kondisi perlakuan cekaman kekeringan, epidermis bawah daun bibit jati tetraploid selalu lebih tebal (Gambar 4.B).

Sel-sel mesofil terdiri atas palisade dan bunga karang (*spongy*). Pola ketebalan jaringan palisade terlihat cenderung tidak beraturan. Pada perlakuan interval penyiraman 7 hari, ketebalan jaringan palisade bibit jati diploid meningkat dari perlakuan interval penyiraman 3 hari, namun menurun lagi pada perlakuan interval penyiraman 14 hari, meningkat lagi pada perlakuan interval penyiraman 21 hari dan menurun lagi pada perlakuan penyiraman hanya sekali. Hal yang sama terjadi pada bibit jati tetraploid, ketebalan jaringan palisade pada perlakuan interval penyiraman 7 hari meningkat dari perlakuan interval penyiraman 3 hari, namun menurun lagi pada perlakuan interval penyiraman 14 hari, lalu meningkat lagi pada perlakuan interval penyiraman 21 hari dan penyiraman hanya sekali (Gambar 4.C).



Gambar 4. Tebal epidermis atas (A), epidermis bawah (B), palisade (C), dan bunga karang (D) daun bibit jati diploid dan tetraploid.

Figure 4. Thickness of upper epidermis (A), lower epidermis (B), palisade (C), spongy (D) of diploid and tetraploid teak seedling leaves.

Jaringan bunga karang daun bibit jati diploid dan tetraploid terlihat memiliki pola yang relatif sama dengan ketebalan daun. Jaringan bunga karang daun bibit jati diploid cenderung menipis dengan meningkatnya cekaman kekeringan, sedangkan jaringan bunga karang daun bibit jati tetraploid menipis hanya sampai perlakuan interval penyiraman 14 hari, lalu menebal kembali pada perlakuan interval penyiraman 21 hari dan penyiraman hanya sekali (Gambar 4.D).

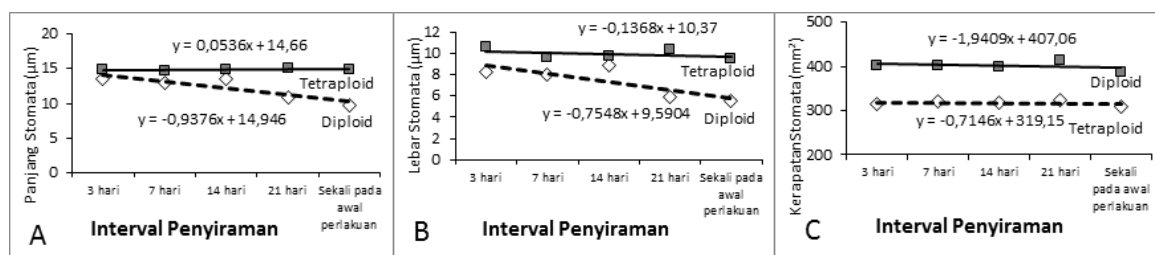
c. Stomata

Pengamatan terhadap variabel panjang, lebar, dan kerapatan stomata menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut linear terhadap perlakuan interval penyiraman baik bibit jati diploid maupun tetraploid (Gambar 5). Respon linear pada variabel panjang, lebar, dan kerapatan stomata untuk bibit jati tetraploid dicirikan dengan *slope* nol. Pada bibit jati diploid, respon linear lebar dan panjang stomata mempunyai nilai

yang lebih rendah dari pada bibit jati tetraploid dan menurun dengan meningkatnya interval penyiraman. Nilai kerapatan stomata bibit jati diploid lebih tinggi dibandingkan bibit jati tetraploid, namun nilai tersebut tidak menurun dengan meningkatnya interval penyiraman.

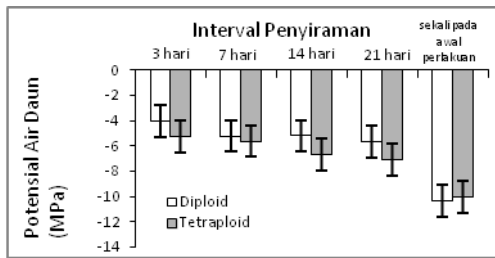
3. Potensial air daun

Potensial air daun klon jati diploid dan tetraploid menunjukkan penurunan dengan diberikannya perlakuan interval penyiraman (Gambar 6). Cekaman kekeringan yang meningkat berpengaruh terhadap menurunnya potensial air daun. Meskipun demikian, penurunan potensial air daun pada perlakuan interval penyiraman 3 hari sampai 21 hari terlihat tidak terlalu tajam. Penurunan potensial air daun yang tajam hanya terlihat pada perlakuan penyiraman hanya sekali pada awal perlakuan. Potensial air daun bibit jati diploid dan tetraploid tidak berbeda nyata pada seluruh tingkat cekaman kekeringan.



Gambar 5. Tren panjang stomata (A), lebar stomata (B), dan kerapatan stomata (C) klon jati diploid dan tetraploid.

Figure 5. The trendline of stomatal length (A), stomatal width (B), and stomatal density (C) of diploid and tetraploid teak clone.



Gambar 6. Potensial air daun bibit jati diploid dan tetraploid yang diberi perlakuan cekaman kekeringan dengan interval penyiraman 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan disiram sekali hanya pada awal perlakuan.

Figure 6. Leaf water potential of diploid and tetraploid teak seedlings treated drought stress with 3 days, 7 days, 14 days, 21 days watering interval and watering once only at the treatment begun.

B. Pembahasan

Tanaman jati diketahui sensitif terhadap kekurangan air karena termasuk dalam golongan tanaman meranggas (menggugurkan daun) pada musim kemarau (Biantary & Agang, 2015) yang menunjukkan tidak adanya pertumbuhan. Bibit jati diploid dan tetraploid menurun pertumbuhannya dengan pengurangan penyiraman, namun bibit jati tetraploid dapat mencapai pertumbuhan lebih baik sekitar 20% dibandingkan dengan bibit jati diploid (Gambar 1.A). Hal ini menunjukkan bahwa bibit jati tetraploid lebih toleran terhadap cekaman kekeringan dibandingkan dengan bibit jati diploid. Spesies *Cenchrus*, yang tetraploid juga dilaporkan lebih toleran terhadap cekaman kekeringan dibandingkan dengan yang diploid dengan mengakumulasi senyawa prolin yang lebih banyak (Chandra & Dubey, 2010). *Dendranthema nankingense* (Nakai) Tzvel yang tetraploid juga dapat tumbuh lebih baik dari pada yang diploid pada kondisi cekaman kekeringan dengan memiliki daun, ukuran stomata, dan bunga yang lebih besar (Liu et al., 2011).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan kedua klon bibit tanaman jati mengalami penurunan pada kondisi cekaman kekeringan, namun bibit jati tetraploid masih dapat tumbuh lebih baik. Pertumbuhan tanaman yang menurun dalam kondisi cekaman kekeringan disebabkan oleh ketersediaan air yang rendah yang akan memengaruhi pertumbuhan tanaman dengan banyak cara, salah satunya adalah dengan menurunkan tekanan turgor sel (Solichatun et al., 2005; Shao et al., 2008). Menurunnya tekanan turgor sel dapat menghambat pembelahan dan pembesaran sel sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Teori kehilangan stabilitas yang dikemukakan oleh Wei & Lintilhac (2007)

menyatakan bahwa pembesaran/pemanjangan sel diawali dengan masuknya air ke dalam sel sehingga tekanan turgor meningkat sampai titik kritis, kemudian dinding sel kehilangan stabilitasnya dan menyebabkan sel membesar. Air yang tersedia dalam jumlah yang cukup dapat mengontrol terjadinya tekanan turgor yang menyebabkan pembesaran dan pembelahan sel menjadi berjalan normal sehingga pertumbuhan tanaman juga menjadi normal. Sebaliknya, jika ketersediaan air rendah maka tekanan turgor akan terganggu dan menyebabkan pembesaran dan pembelahan sel menjadi terganggu pula sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Solichatun et al. (2005) menyatakan bahwa ketersediaan air yang rendah (40 dan 60% kapasitas lapang) akan menurunkan tekanan turgor sel. Tekanan turgor sel yang rendah akan menurunkan kemampuan sel untuk membesar sehingga akan memengaruhi pertumbuhannya. Bibit jati tetraploid memiliki densitas perakaran yang lebih baik yang memungkinkan dapat menyerap air lebih banyak dibandingkan dengan bibit jati diploid. Ketebalan daun dan sel-sel mesofil daun bibit jati tetraploid yang lebih tebal juga dapat mengurangi transpirasi. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tekanan turgor pada bibit jati tetraploid lebih sedikit dibandingkan bibit jati diploid, sehingga pertumbuhan bibit jati tetraploid lebih baik.

Bobot kering bibit jati pada penelitian ini juga mengalami penurunan (Gambar 2.E). Hal ini disebabkan oleh ketersediaan air yang rendah di dalam tanah menurunkan transpirasi yang mengontrol penyerapan air dan unsur hara sehingga transpirasi lebih tinggi dibandingkan dengan air yang diserap oleh akar tanaman. Hal ini menyebabkan tanaman menutup stomatanya (Shao et al., 2008; Jacobsen et al., 2009) untuk mengurangi kehilangan airnya melalui transpirasi (Lambers et al., 1998). Pada saat stomata menutup, air yang hilang melalui transpirasi berkurang, namun masuknya karbondioksida (CO_2) ke sel daun juga terhambat sehingga proses asimilasinya juga terhambat (Ridwan et al., 2016).

Proses fotosintesis yang terhambat menyebabkan sintesis gula yang berperan sebagai energi untuk tumbuh menjadi terhambat. Hal ini menyebabkan tanaman yang berada dalam kondisi cekaman kekeringan menjadi lebih pendek (kerdil) dan kurus dengan bobot kering yang kecil (Ridwan et al., 2016). Bibit jati tetraploid memiliki stomata yang lebih lebar dan stabil pada seluruh tingkat cekaman kekeringan dibandingkan dengan bibit jati diploid (Gambar 5.A dan 5.B). Hal ini berarti bahwa dalam kondisi cekaman kekeringan, stomata bibit jati tetraploid tidak tertutup atau hanya menyempit sedikit saja

sehingga jumlah CO₂ yang masuk ke sel-sel daun bibit jati tetraploid lebih banyak dibandingkan dengan bibit jati diploid. Perbedaan ini menyebabkan penurunan laju fotosintesis bibit jati tetraploid lebih rendah dibandingkan bibit jati diploid. Akibatnya, bibit jati tetraploid lebih tinggi dan lebih besar dalam kondisi cekaman kekeringan. Selain itu, bibit jati tetraploid memiliki kerapatan stomata yang lebih rendah dari pada bibit jati diploid. Ukuran stomata yang lebih besar dengan kerapatan stomata yang lebih rendah pada tanaman poliploid dibandingkan tanaman diploid telah dilaporkan oleh Ye *et al.* (2010) pada tanaman bungur, Gallone *et al.* (2014) pada tanaman 'Oratia Beauty', dan Rahayu *et al.* (2015) pada tanaman anggrek bulan. Hal ini kemungkinan menyebabkan kehilangan air daun tanaman jati tetraploid tidak jauh berbeda dengan tanaman jati diploid meskipun stomatanya berukuran lebih besar. Selain dengan menutup stomata, tumbuhan juga akan menggugurkan daun dan memperkecil luas daunnya untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi (Lambers *et al.*, 1998). Luas daun tanaman jarak pagar (Lapanjang *et al.*, 2008), jati (Hendrati *et al.*, 2016), dan mangga (Helaly *et al.*, 2017) menurun secara signifikan pada kondisi cekaman kekeringan. Skiryecz & Inze (2010) melaporkan bahwa cekaman kekeringan menurunkan pertumbuhan daun tanaman dengan cara memengaruhi pembelahan dan pembesaran sel, sehingga luas daun tanaman menurun karena menurunnya jumlah dan ukuran sel.

Daun bibit jati tetraploid yang bertambah tebal pada kondisi cekaman kekeringan yang berat mengindikasikan bentuk adaptasi jati terhadap kondisi cekaman kekeringan yang dapat berperan dalam mengurangi transpirasi. Li *et al.* (1996) melaporkan bahwa epidermis atas dan bawah tanaman *Betula papyrifera* yang poliploid lebih tebal dibandingkan dengan yang diploid untuk mengurangi kehilangan air melalui daun pada kondisi stress air. Tanaman *Lonicera japonica* Thunb. tetraploid yang diberi perlakuan stress suhu tinggi yang dapat meningkatkan transpirasi, juga dilaporkan memiliki lapisan apidermis atas dan bawah, dan jaringan palisade yang lebih tebal dibandingkan dengan yang diploidnya (Li *et al.*, 2011).

Perakaran tanaman seperti bobot kering akar juga dapat menggambarkan adaptasi suatu tanaman terhadap kondisi kekurangan air. Bobot kering akar bibit jati tetraploid lebih tinggi dibandingkan dengan bibit jati diploid. Song Ai & Torey (2013) menyatakan bahwa dalam kondisi cekaman kekeringan, bobot kering akar tanaman yang tahan kering lebih besar dibandingkan dengan tanaman yang rentan kekeringan. Bobot kering akar tanaman yang tinggi mengindikasikan

densitas perakaran yang lebih besar dibandingkan dengan bobot kering tanaman yang lebih rendah. Song Ai & Torey (2013) menjelaskan bahwa salah satu cara tanaman untuk mempertahankan penyerapan air dalam kondisi kekeringan adalah dengan meningkatkan densitas perakaran agar dapat menyerap air dengan volume yang lebih besar (*drought avoidance*).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Seluruh karakter pertumbuhan yang diukur dari klon jati diploid maupun tetraploid menurun dengan meningkatnya cekaman kekeringan. Klon jati tetraploid tumbuh lebih baik dibandingkan dengan klon jati diploid pada kondisi cekaman kekeringan. Mekanisme adaptasi klon jati tetraploid terhadap cekaman kekeringan di antaranya dengan mempertebal, mengurangi, dan memperkecil daunnya, serta meningkatkan densitas perakarannya.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mempelajari respon bibit jati terhadap cekaman kekeringan pada berbagai jenis dan tekstur tanah karena setiap jenis dan tekstur tanah memiliki kapasitas penyimpanan air yang berbeda dengan karakter yang berbeda pula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ibu K. Utami Nugraheni, Dodi Sutardi, Widodo, dan Dedek atas bantuan teknisnya selama penelitian. Penelitian ini didanai oleh program pengembangan produk komersial, Pusat Penelitian Biomaterial, LIPI 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi D.S., Sudarmanto., Ismadi., M. Gofar., T. Darmawan., Y. Amin., W. Dwianto., and Witjaksono. (2016). Evaluation of the wood quality of platinum teak wood. *Teknologi Indonesia*, 39 (1), 36-44.
- Biantary M.P., dan M.W. Agang. (2015). Karakteristik kesuburan tanah dan produktifitas tanaman jati (*Tectona grandis* L.f). Studi Kasus Pada Tanaman Jati yang ditanam secara Agroforestry di Bukit Biru Tenggara Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Laporan Akhir Penelitian Dosen Pemula. Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.
- Chandra A., and A. Dubey. (2010). Effect of ploidy levels on the activities of D1-pyrroline-5-carboxylate synthetase, superoxide dismutase and peroxidase in *Cenchrus* species grown under water stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 27-34.
- Efanyah M.N., M.H. Bintoro., dan W.H. Limbong. (2012). Prospek usaha bagi hasil penanaman jati unggul nusantara (studi kasus pada koperasi perumahan

- Wanabhakti Nusantara di Kabupaten Bogor). *Manajemen IKM*, 7 (1), 64-73.
- Gallone A., A. Hunter, and G.C. Douglas. (2014). Polyploid induction in vitro using colchicine and oryzalinon Hebe 'Oratia Beauty': Production and characterization of the vegetative traits. *Scientia Horticulturae*, 179, 59-66.
- Haryanti S. (2010). Jumlah dan distribusi stomata pada daun beberapa spesies tanaman dikotil dan monokotil. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, XVIII (2), 21-28.
- Helaly M.N., H. El-Hoseiny, N.I. El-Sheery, A. Rastogi., H. M. Kalaji. (2017). Regulation and physiological role of silicon in alleviating drought stress of mango. *Plant Physiology and Biochemistry* 118 (2017) 31-44.
- Hendrati R.L., D. Rachmawati and A.C. Pamuji. (2016). Respon kekeringan terhadap pertumbuhan, kadar prolin dan anatomi akar *Acacia auriculiformis* Cunn., *Tectona grandis* L., *Alstonia spectabilis* Br., dan *Cedrela odorata* L. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 5 (2), 123-133.
- Hummer K.E. (2015). The discovery and naming of the cascade strawberry (*Fragaria cascadenis* Hummer). *Kalmiopsis*, 21, 26 - 31.
- Jacobsen S.E., F. Liu, C.R. Jensen. (2009). Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Horticulturae*, 122, 281-287.
- Kemendag, (2012). Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 22/M-DAG/PER/4/2012 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 12/M-DAG/PER/3/2012 tentang Penetapan Harga Patokan Hasil Hutan untuk Penghitungan Provisi Sumber Daya Hutan. <http://www.kemendag.go.id/files/regulasi/2012/04/Permendag%20No.%2022%20Tahun%202012.pdf>
- Lambers H., F.S. Chapin III., and T.L. Pons. (1998). *Plant Physiological Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- Lapanjang I., B.S. Purwoko, Hariyadi., S.W.R. Budi., dan M. Melati. (2008). Evaluasi beberapa ekotipe jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) untuk toleransi cekaman kekeringan. *Bul. Agron*, 36 (3), 263-269.
- Li W.D., X. Hu., J.K. Liu., G.M. Jiang., O. Li., and D. Xing. (2011). Chromosome doubling can increase heat tolerance in *Lonicera japonica* as indicated by fluorescence imaging. *Biologia Plantarum*, 55 (2), 279-284.
- Li W.L., G.P. Berlyn., and P.M.S. Ashton. (1996). Polyploids and their structural and physiological characteristics relative to water deficit in *Betula papyrifera* (Betulaceae). *American Journal of Botany*, 83 (1), 15-20.
- Liu S., S. Chen., Y. Chen., Z. Guan., D. Yin., and F. Chen. (2011). In vitro induced tetraploid of *Dendranthema nankingense* (Nakai) Tzvel. shows an improved level of abiotic stress tolerance. *Scientia Horticulturae*, 127, 411-419.
- Pramasari D.A., I. Wahyuni., D.S. Adi., Y. Amin., T. Darmawan., dan W. Dwianto. (2014). Effect of age on chemical component of platinum teak wood - a fast growing teak wood from LIPI. Proceedings of The 6th International Symposium of IWoRS, Medan, Indonesia, pp. 211-216.
- Rahayu E.M.D., D. Sukma., M. Syukur., dan Irawati. (2015). Induksi poliploidi *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume dan *Phalaenopsis amboinensis* J. J. Smith dengan kolkisin dalam kultur in vitro. *J. Agron. Indonesia*, 43 (3), 219-226.
- Ridwan, T. Handayani, dan Witjaksono. (2016). Uji toleransi tanaman kentang hitam (*Plectranthus rotundifolius* (Poir.) Spreng.) hasil radiasi sinar gamma terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Biologi Indonesia*, 12 (1), 41-48.
- Sass J.E. (1951). *Botanical Microtechnique*. Second Edition. The Iowa State College Press. Iowa. USA
- Shao H.B., L.Y. Chu., C. Abdul Jaleel., and C.X. Zhao. (2008). Water deficit stress induced anatomical changes in higher plants. *C. R. Biologies*, 331, 215-225.
- Skiryca A., and D. Inze. (2010). More from less: plant growth under limited water. *Current Opinion in Biotechnology*, 21, 197-203.
- Solichatun., E. Anggarwulan., dan W. Mudyantini. (2005). Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan dan kandungan bahan aktif saponin tanaman ginseng jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.). *Biofarmasi*, 3 (2), 47-51.
- Song Ai N., dan P. Torey. (2013) Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Bioslogos*, 3 (1), 31-39.
- Sowmen S., L. Abdullah., P.D.M.H. Karti., D. Soepandi. (2014). Adaptasi legum pohon yang diinokulasi dengan fungi mikoriza arbuskular (FMA) saat cekaman kekeringan. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 16 (1), 46-54
- Wang X., H. Wang., C. Shi., X. Zhang., K. Duan., and J. Luo. (2015). Morphological, cytological and fertility of a spontaneous tetraploid of the diploid pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) cultivar 'cuiguan'. *Scientia Horticulturae*, 189, 59-65.
- Wei P., and C. Lintilhac. (2007). Loss of Stability: a new look at the physics of cell wall behavior during plant cell growth. *Plant Physiology*, 145, 763-772.
- Witjaksono. (2015). Produksi dan diseminasi bibit Jati "Double Platinum". Laporan Triwulan III Kegiatan Pengembangan Produk Komersial Tahun 2015. Pusat Penelitian Biomaterial-LIPI.
- Ye Y.M., J. Tong., X.P. Shi., W. Yuan., and G.R. Li. (2010). Morphological and cytological studies of diploid and colchicine-induced tetraploid lines of crape myrtle (*Lagerstroemia indica* L.). *Scientia Horticulturae*, 124, 95-101.

Yunianti A.D. (2012). Porositas kayu jati klon cepu dan madiun umur 7 tahun. *Jurnal Perennial*, 8 (2), 80-83.

Zhang F, H. Xue., X Lu., B. Zhang., F. Wang., Y. Ma., and Z. Zhang. (2015). Autotetraploidization enhances drought stress tolerance in two apple cultivars. *Trees*, 29, 1773-1780.

Lampiran: Tren Pertumbuhan bibit klon jati diploid dan tetraploid mulai dari perlakuan sampai umur 20 minggu.

Appendix: Growth of diploid and tetraploid teak seedling from the beginning of the treatment until 20 weeks.

