

Pengaruh Cekaman Air pada Masa Penanaman terhadap Anatomi dan Fungsi Xilem serta Waktu Pajang Bunga Potong Kenikir (*Tagetes erecta* L.)

Effects of Water Stress during Growth on Xylem Anatomy and Function, as well as Vase Life of Marigold (*Tagetes erecta* L.) Cut Flowers

Roy Ridwan Kencana, Maryani*

Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Teknika Selatan, Senolowo, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia.

*) Penulis untuk korespondensi E-mail: mmyani.ugm.ac.id

Diajukan: 15 Januari 2020 **/Diterima:** 21 April 2022 **/Dipublikasi:** 25 Mei 2022

ABSTRACT

*Various researches have been conducted in an effort to increase the vase life of cut flowers and its value in the market. One of the many approaches used by researchers is to increase the rehydration ability of cut flowers by modifying their xylem anatomy to become more resistant to embolism by manipulating the environmental conditions during growth. The aim of this research was to evaluate the effects of different water conditions during growth on xylem anatomy, xylem functioning, as well as the rehydration ability and vase life quality of cut flowers from marigold (*Tagetes erecta* L.). This research was conducted using Completely Randomized Design (CDR), where four weeks old seedlings were grown in two months time under different volume of daily watering treatments (20%, 60%, and 100% field capacity). The data obtained were then analyzed using variance analysis (ANOVA) and LSD test with 5% significance level ($\alpha = 0.05$). The results showed that the xylem structure and function in *Tagetes erecta* L. were only affected by extreme water stress conditions (20% FC), which negatively affects the stem's hydraulic conductivity, the total area of xylem, as well as the lumen diameter of its vessels. However, no significant differences were detected in the number and frequency of vessels. The results also showed that despite the apparent effects on the structure and functioning of its xylem, the water stress treatments failed to influence the rehydration ability and vase life quality of the produced marigold cut flowers*
Keywords: cut flower, hydraulic conductivity, vase life, xylem

INTISARI

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan waktu pajang bunga potong demi meningkatkan nilai jualnya di pasar. Salah satu pendekatan yang digunakan oleh peneliti adalah dengan memicu pembentukan karakter anatomi jaringan xilem bunga potong yang lebih resisten terhadap embolisme, guna meningkatkan kemampuan rehidrasinya dengan memodifikasi kondisi lingkungan pada masa penanaman. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari

kondisi air yang berbeda pada masa penanaman terhadap karakter jaringan xilem, konduktivitas hidraulik batang, serta kemampuan rehidrasi dan waktu pajang bunga potong dari tanaman marigold (*Tagetes erecta* L.). Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dimana bibit tanaman berusia empat minggu ditumbuhkan selama dua bulan dengan tiga volume penyiraman harian yang berbeda, yakni sebanyak 20%, 60%, dan 100% kapasitas lapang (KL). Data hasil penelitian kemudian dianalisis dengan analisis variansi (ANOVA) serta uji lanjut BNT (beda nyata terkecil) dalam taraf signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter struktural dan fungsional xilem pada tanaman *Tagetes erecta* L. hanya dapat terpengaruh oleh kondisi cekaman air berat (20% KL), yang berdampak negatif pada konduktivitas hidraulik batang, luas jaringan xilem, serta diameter lumen unsur pembuluh xilem. Akan tetapi, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan pada karakter jumlah maupun frekuensi unsur pembuluh tersebut. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa meskipun didapati perubahan pada karakter struktural dan fungsional xilem batang, cekaman air yang diberikan pada akhirnya tidak berhasil mempengaruhi kemampuan rehidrasi maupun waktu pajang bunga potong yang dihasilkan.

Kata kunci: bunga potong, konduktivitas hidraulik, waktu pajang, xilem

PENDAHULUAN

Pasar internasional bunga potong telah berkembang secara signifikan pada beberapa tahun silam. Popularitasnya diduga akan lebih meluas lagi dengan kian populernya manfaat terapeutik dari tanaman hortikultura (Vehniwal & Abbey, 2019). Di Indonesia sendiri, produksi tanaman florikultura selalu mengalami peningkatan tiap tahunnya sejak 2016, sebelum mengalami penurunan yang signifikan akibat wabah COVID-19 pada tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2020).

Waktu pajang bunga potong merupakan salah satu faktor yang paling menentukan nilai komersialnya di kalangan konsumen. Pendeknya waktu pajang umumnya disebabkan oleh kesetimbangan air yang buruk (Vehniwal & Abbey, 2019). Hal ini dapat disebabkan oleh penghambatan absorpsi air oleh

penyumbatan mikrobial, respon fisiologi jaringan, maupun akibat kemunculan embolisme udara di dalam unsur pembuluh xilemnya (van Doorn, 2012).

Karakteristik jaringan xilem batang dinilai berpengaruh dalam proses perbaikan embolisme pada bunga potong. Karakter jaringan xilem batang yang tersusun atas unsur pembuluh yang lebih sempit dan dalam jumlah yang lebih banyak, dilaporkan dapat meningkatkan absorpsi air dan juga waktu pajang bunga potong (De-La-Cruz-Guzman *et al.*, 2019). Kondisi lingkungan pada masa pertumbuhan dapat berpengaruh pada karakter anatomis batang yang terbentuk. Dilaporkan oleh Twumasi *et al.* (2005) dan van Meeteren *et al.* (2005), bahwa pemberian perlakuan cekaman air dapat memicu perkembangan jaringan xilem yang lebih resisten terhadap embolisme,

sehinggadapat meningkatkan kemampuan rehidrasi dan waktu pajang dari bunga potong yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk memicu modifikasi struktur jaringan xilem pada salah satu tanaman komoditi bunga potong yang cukup populer dan banyak dibudidayakan di Indonesia, yakni marigold (*Tagetes erecta* L.), dengan mengeksposnya pada kondisi air yang berbeda selama masa penanaman. Diharapkan perbedaan kondisi lingkungan tumbuh tersebut mampu menghasilkan struktur dan performa xilem yang berbeda pada tanaman tersebut, yang nantinya akan berpengaruh juga terhadap kemampuan rehidrasi dan waktu pajang dari bunga potong yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Penanaman bibit tanaman *Tagetes erecta* L. berusia empat minggu dilakukan pada bulan April hingga Juni 2021 di halaman rumah penulis (-7,5727240, 110,8393713) yang terletak pada ketinggian 90 mdpa. Penanaman dilakukan pada lingkungan yang terkontrol dengan suhu rata-rata 30°C dan dengan kelembaban udara sekitar 60-65%. Pembuatan preparat dan analisis karakter lainnya dilakukan di Laboratorium Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat kali ulangan pada tiga perlakuan

volume penyiraman harian yang berbeda, yakni sebanyak 20% (50mL), 60% (125mL), dan 100% (200mL) kapasitas lapang. Penentuan persentase kapasitas lapang tersebut kurang lebih mengikuti metode Zulfiqar *et al.* (2020) yang menemukan perubahan pada anatomi xilem *T. erecta* L. yang ditumbuhkan dalam kondisi kapasitas lapang 60% atau lebih rendah.

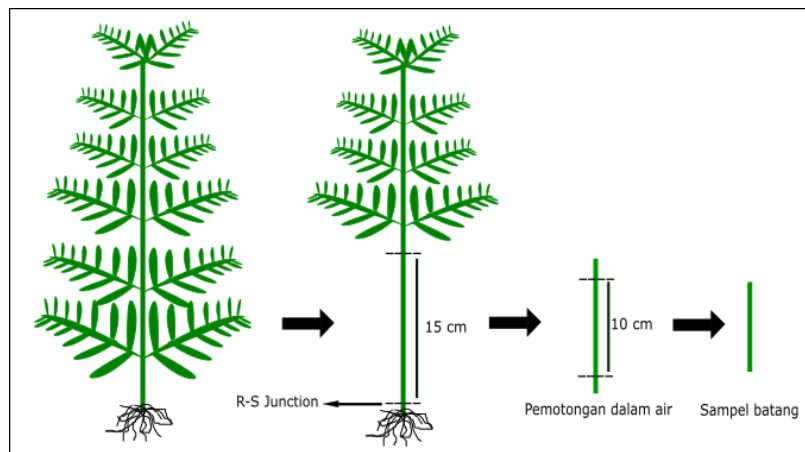
Penentuan volume penyiraman tersebut dilakukan dengan metode Manurung *et al.* (2019). Pot berisi 0,7 kg media tanam (tanah, pupuk kandang, dan sekam dengan perbandingan 1:1:1) dalam keadaan kering udara ditimbang dengan timbangan analitik. Pot kemudian diairi hingga terjadi drainase bebas, kemudian didiamkan selama 24 jam hingga seluruh air gravitasi jatuh. Selisih berat pot yang telah didiamkan selama 24 jam dengan pot pada keadaan kering udara ditentukan sebagai volume air pada kapasitas lapang penuh (100% KL). Pemupukan dengan 10 gram pupuk NPK mutiara dilakukan setiap 10 hari sekali. Digunakan sebanyak 8 sampel tanaman untuk setiap perlakuan, empat tanaman digunakan untuk analisis anatomi dan konduktivitas hidraulik batang, sedangkan sisanya digunakan untuk pengamatan performa bunga potong.

Analisis Konduktivitas Hidraulik Batang

Setelah satu bulan penanaman, empat sampel tanaman dipanen pada pagi hari

dan digunakan dalam pengukuran konduktivitas hidraulik batang. Proses preparasi sampel batang digambarkan pada Gambar 1. Daun tanaman yang terletak kurang lebih 15 cm dari *root-stem junction* (batas antara batang dan akar) sebelumnya dipotong dan bekas pemotongannya ditutup dengan lem cepat

kering. Batang utama lalu dipotong pada *root-stem junction* dan pada titik 15 cm di atasnya. Sampel batang kemudian dibawa ke dalam bak berisi air suling, dan dipotong kembali sepanjang 2-3 cm pada kedua ujungnya hingga menyisakan sampel batang dengan panjang sekitar 10 cm.



Gambar 1. Ilustrasi proses preparasi sampel batang

Konduktivitas hidraulik batang diukur melalui dua metode, yakni secara empiris dan teoritis. Konduktivitas hidraulik empiris (K) diukur berdasarkan metode Melcher *et al.* (2012) dengan menghubungkan sampel batang ke wadah air pada satu ujung, dan pada pipet ukur pada ujung lainnya (Gambar 1). Sementara itu, konduktivitas hidraulik teoritis (K_{theo}) serta efisiensi hidraulik per area xilem (K_s) dihitung berdasarkan karakter anatomis xilem mengikuti metode Hoeber *et al.* (2014). Q adalah laju perubahan meniskus air pada pipet, Δh adalah perbedaan tinggi antara permukaan *reservoir* air dengan meniskus

pipet, ρ ($998,2 \text{ kg m}^{-3}$) adalah massa jenis air, g adalah percepatan gravitasi, L adalah panjang sampel batang, A_{xylem} adalah luas total jaringan angkut xilem per potongan melintang batang, $\sum r^4$ adalah jumlah dari pangkat empat jari-jari seluruh unsur pembuluh per potongan melintang batang, dan η adalah viskositas air ($1,002 \cdot 10^{-9} \text{ MPa s}$). Berikut merupakan rumus dari kedua metode tersebut:

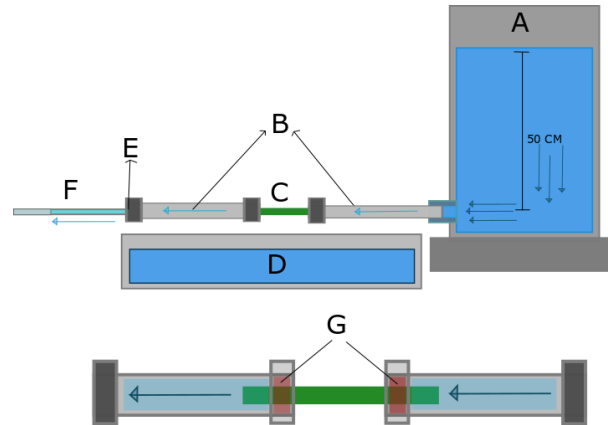
$$K = Q \cdot L / (\rho \cdot \Delta h \cdot A_{xylem})$$

(Melcher *et al.*, 2012)

$$K_{theo} = (\pi \times \sum r^4 / 8\eta) \times \rho$$

$$K_s = K_{theo} / A_{xylem}$$

(Hoeber *et al.*, 2014),



Keterangan: A Tanki berisi air suling dengan ketinggian permukaan sekitar 50 cm, B. Selang karet elastis, C. Sampel batang yang akan diukur, D. Bak berisi air suling sebagai tempat pemotongan dan pemasangan sampel pada perangkat, E. Klem untuk mengencangkan sampel pada selang, F. Pipet ukur 2 ml, dan G. Karet grommet sebagai penunpu sampel di dalam selang.

Gambar 2. Ilustrasi perangkat pengukuran konduktivitas hidraulik batang

Analisis Karakter Anatomis Xilem

Batang

Sisa potongan internodus batang paling bawah lalu digunakan untuk membuat preparat melintang batang. Sampel difiksasi dalam alkohol 70% selama 24 jam sebelum diiris secara melintang dengan tebal sekitar 20-30 μm menggunakan *sliding microtome*. Irisan lalu diwarnai dengan perendaman larutan safranin 1% selama 5 menit, lalu dicuci menggunakan alkohol 70% sebelum ditempatkan di atas gelas benda dan ditutup dengan gelas penutup. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop dan diamati pada komputer menggunakan program Optilab Advanced edisi Upgrade dengan bantuan program Optilab Viewer 2.2. Analisis karakter anatomis xilem dilakukan secara manual dengan bantuan program Image Raster 3.0. Karakter anatomis xilem yang diukur meliputi: total luas transversal jaringan xilem ($A_{xy|xem}$)

(mm^2), rerata diameter unsur pembuluh (VD) (μm), frekuensi unsur pembuluh (VF) (mm^{-2}), serta indeks kerentanan jaringan xilem (Vl) yang merupakan rasio dari VD dan VF (Carlquist, 1977).

Analisis Waktu Pajang Bunga Potong

Tanaman yang berumur sekitar tiga bulan dipanen dan digunakan untuk mengamati performa bunga potongnya. Batang dipotong 1 cm di atas *root-stem junction*, beserta daun-daun yang terletak 10-15 cm di atasnya. Dilakukan pemotongan ulang pada batang sepanjang 0,5 cm dari ujung pemotongan pertama untuk membuat potongan yang lebih bersih. Bunga potong lalu direndam dalam wadah berisi air es dengan suhu 3-5 $^{\circ}\text{C}$ selama sekitar 6 jam untuk menghilangkan embolisme yang terdapat pada xilem dan untuk meningkatkan berat bunga potong hingga kondisi turbiditas penuh (100%) (Twumasi *et al.*, 2005). Dasar batang lalu

dipotong lagi sepanjang 2 cm, lalu berat segar pada turbiditas penuh (100%) ditimbang menggunakan timbangan analitik. Bunga potong lalu didehidrasi dengan membiarkannya di suhu ruangan hingga berat segarnya menurun menjadi 95% dari beratnya pada turbiditas penuh.

Bunga potong ditempatkan pada wadah kaca berisi air kran dengan ketinggian permukaan yang sama. Massa bunga potong diukur setiap 24 jam pada 3 hari pertama setelah dimulainya periode pengukuran waktu pajang. Bunga potong ditempatkan pada ruangan dengan rerata suhu harian 28-30°C, kelembaban udara 60-65%, dan dengan pencahayaan yang sedang. Air vas ditambahkan setiap beberapa hari untuk menjaga volume air dalam vas tetap konstan. Waktu pajang bunga potong dinyatakan telah berakhir ketika mahkota bunga telah layu sepenuhnya (Satoh *et al.*, 2005).

Pengaruh faktor penyiraman terhadap data yang didapatkan dihitung signifikansinya dengan analisis variansi (ANOVA) pada jenjang nyata 5% ($\alpha =$

0,05). Jika terindikasi adanya perbedaan nyata antar perlakuan yang diuji, maka analisis data dilanjutkan dengan analisis uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dalam jenjang nyata 5% ($\alpha = 0,05$).

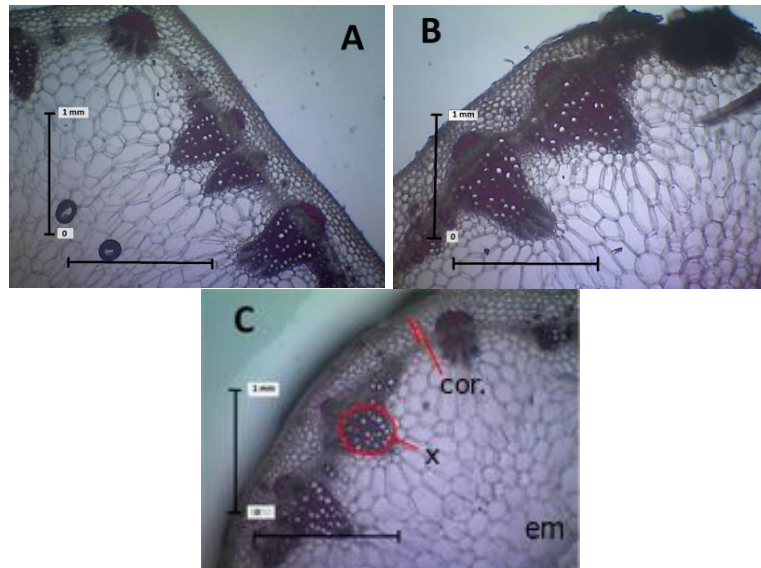
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis variansi menunjukkan bahwa hanya perlakuan cekaman air berat yang dapat memberi dampak yang nyata pada parameter karakter anatomis xilem. Luas jaringan xilem (A_{xylem}) menyusut seiring dengan bertambahnya derajat cekaman air (Gambar 3). Sampel dalam perlakuan cekaman berat (20% KL) menunjukkan penyusutan A_{xylem} yang signifikan dibandingkan kedua perlakuan lainnya (Tabel 1). Tidak ditemukan perbedaan penyusutan A_{xylem} yang nyata antara sampel dalam perlakuan cekaman sedang (60% KL) dengan kontrol (100% KL) (Tabel 1). Penyusutan ini sejalan dengan penelitian Zulfiqar *et al.* (2020) yang menemukan penyusutan jaringan vaskuler pada dua kultivar *T. erecta* L. yang berbeda dalam kondisi cekaman air.

Tabel 1. Parameter karakter anatomis xilem batang

Perlakuan	A_{xylem} (mm ²)	VD (μ m)	VF (/mm ²)	VI (VD/VF)
20% KL	1,87 \pm 0,45 ^a	31,91 \pm 1,79 ^a	277,0 \pm 55,3 ^{ab}	0,11 \pm 0,02 ^a
60% KL	2,58 \pm 0,39 ^b	34,93 \pm 1,22 ^b	256,6 \pm 22,9 ^{ab}	0,14 \pm 0,01 ^{ab}
100% KL	2,88 \pm 0,31 ^b	35,45 \pm 1,58 ^b	220,2 \pm 46,5 ^a	0,16 \pm 0,03 ^b

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kepercayaan 95%. A_{xylem} : luas area total jaringan xilem; VD: rerata diameter unsur pembuluh (*vessel diameter*); VF: frekuensi unsur pembuluh xilem (*vessel frequency*); VI: indeks kerentanan (*vulnerability index*).



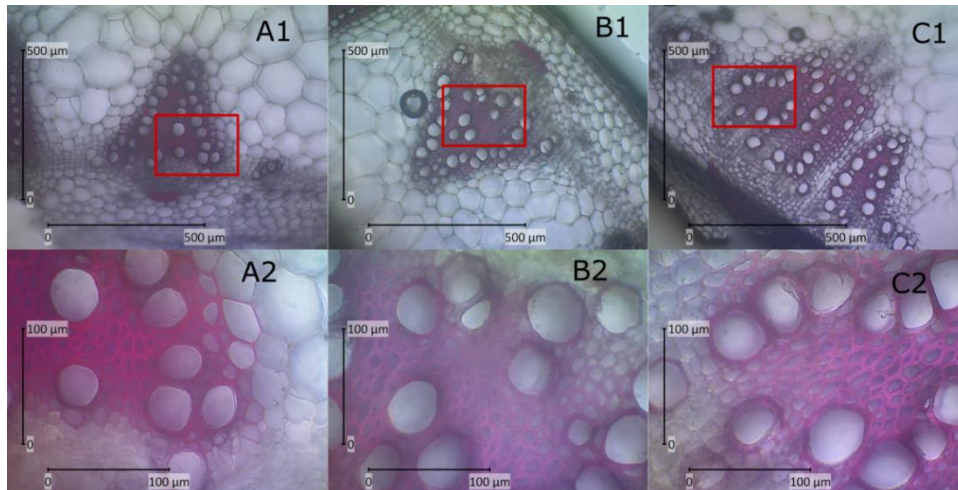
Gambar 3. Penampang melintang batang *T. erecta* L. yang tumbuh dalam kondisi air A. 20% KL, B. 60% KL, dan C. 100% KL.- Bar: 1 mm. (Keterangan: cor.= korteks, em= empulur, x= xilem)

Rerata diameter unsur pembuluh xilem (*VD*) juga mengalami penyusutan seiring bertambahnya derajat cekaman air (Gambar 4). Akan tetapi, sama halnya dengan *Axylem*, penurunan yang signifikan hanya teramati pada sampel dalam perlakuan 20% KL (Tabel 2). Penyempitan ini nampak pada Gambar 3, dimana dapat terlihat bahwa persebaran diameter unsur pembuluh pada perlakuan tersebut lebih dominan pada kategori yang sempit jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penyusutan *VD* akibat cekaman air sejalan dengan temuan Zulfiqar *et al.* (2020) pada *T. erecta* L. dan Twumasi *et al.* (2005) pada *Zinnia elegans*.

Unsur pembuluh yang lebih sempit menunjukkan adaptasi jaringan terhadap cekaman air. Selain lebih resisten terhadap embolisme, diameter pembuluh yang lebih

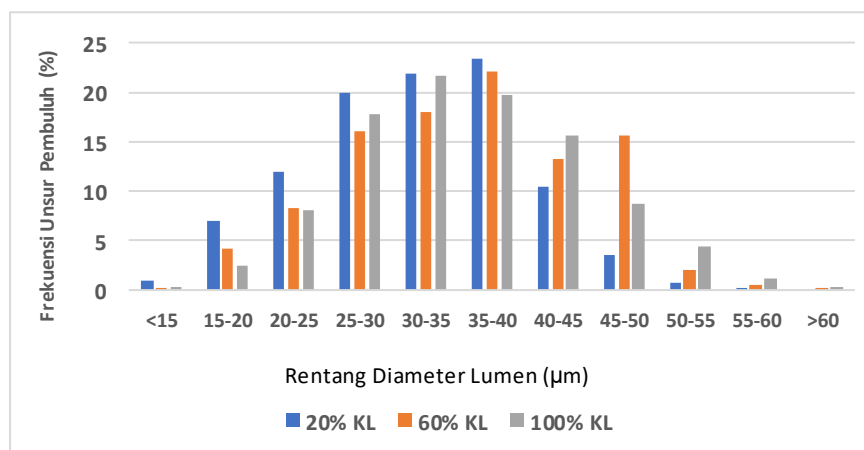
kecil juga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menjaga laju aliran air dalam kondisi air yang terbatas (Vasellati *et al.*, 2001; Hacke *et al.*, 2016). Penyempitan *VD* juga dapat membantu meminimalkan kehilangan air akibat transpirasi karena dapat menurunkan laju aliran air di dalam jaringan xilem (Vasellati *et al.*, 2001).

Frekuensi unsur pembuluh (*VF*) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan. Hal ini sejalan dengan temuan Twumasi *et al.* (2005) pada tanaman *Zinnia elegans* dan Zulfiqar *et al.* (2020) pada akar *T. erecta* L.. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran unsur pembuluh xilem (*VD*) cenderung lebih sensitif terhadap cekaman air dibandingkan jumlahnya (*VF* dan *N_v*).



Gambar 4. Penampang melintang berkas pengangkut xilem batang *T. erecta* L. yang tumbuh dalam kondisi air A. 20% KL, B. 60% KL, dan C. 100% KL. Keterangan: gambar di bawah (A2, B2, C2) merupakan perbesaran dari kotak merah gambar di atasnya (A1, B1, C1) - Bar: 500 µm (atas); 100 µm (bawah).

Nilai indeks kerentanan (V) dengan perlakuan yang diberikan. Nilai V merupakan ukuran kerentanan jaringan xilem terhadap stres air. Nilai V yang lebih rendah mengindikasikan bahwa jaringan xilem tersusun atas unsur pembuluh yang lebih sempit dan dalam jumlah yang lebih banyak, sehingga memiliki resistensi yang lebih tinggi terhadap embolisme dalam kondisi cekaman air (De-La-Cruz-Guzman *et al.*, 2018). Hasil penelitian ini sejalan dengan perlakuan yang diberikan. Nilai V menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya derajat cekaman, menunjukkan perbedaan yang nyata antara sampel dalam perlakuan 20% KL dengan sampel kontrol (100% KL) (Tabel 3). Nilai V dari sampel dalam perlakuan 60% KL di sisi lain, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan kedua perlakuan tersebut.



Gambar 4. Pengaruh kondisi air pada masa penanaman terhadap distribusi diameter lumen unsur pembuluh xilem dari batang *T. erecta* L.

Perbedaan nyata pada karakter anatomis xilem hanya ditemukan pada sampel dalam cekaman kekeringan berat (20% KL), namun tidak pada perlakuan cekaman sedang (60% KL). Hal ini sejalan dengan pernyataan Fichot *et al.* (2009) yang menyebutkan bahwa karakter anatomis xilem tidak efektif untuk mendeteksi dampak dari cekaman air sedang. Tidak ditemukannya perubahan anatomi pada perlakuan sedang ini mungkin juga berhubungan dengan sifat resisten tumbuhan *T. erecta* L. terhadap cekaman kekeringan (Riaz *et al.*, 2013), sehingga memiliki plastisitas jaringan xilem yang lebih rendah (Fichot *et al.*, 2009).

Pada penelitian ini dilakukan dua metode pengukuran konduktivitas hidraulik batang, yakni secara teoritis (K_{theo}) dan empirik (K). Pengukuran nilai K_{theo} dilakukan untuk mengetahui dengan lebih detail mengenai pengaruh perubahan

struktural xilem terhadap konduktivitas hidraulik batang, sedangkan pengukuran nilai K dilakukan untuk mengetahui nilai yang lebih representatif dari konduktivitas batang. Nilai K_{theo} memperhitungkan konduktivitas hiraulik berdasarkan jumlah dan ukuran lumen dari unsur pembuluh yang menyusun xilem, sedangkan pengukuran nilai K diukur berdasarkan kemampuan batang tumbuhan dalam mengalirkan air dalam perbedaan tekanan tertentu.

Analisis varians menunjukkan bahwa kedua metode pengukuran tersebut memberikan hasil yang relatif sama. Sampel dalam perlakuan cekaman berat (20% KL) memiliki nilai konduktivitas yang secara signifikan lebih rendah dibandingkan kedua perlakuan lainnya. Sementara itu, tidak ditemukan adanya perbedaan yang nyata antara perlakuan 60% dan 100% KL.

Tabel 2. Parameter karakter fungsional jaringan xilem batang

Perlakuan	Konduktivitas hidraulik teoritis (K_{theo}) (mg cm kPa ⁻¹ s ⁻¹)	Konduktivitas hidraulik empiris (K) (mg cm kPa ⁻¹ s ⁻¹)	Efisiensi hidraulik xilem (K_s) (mg cm ⁻¹ kPa ⁻¹ s ⁻¹)
20% KL	1,81 ± 0,32 ^a	1,56 ± 0,70 ^a	1,00 ± 0,23 ^a
60% KL	3,49 ± 0,99 ^b	2,81 ± 0,49 ^b	1,34 ± 0,23 ^a
100% KL	3,36 ± 0,92 ^b	3,12 ± 0,36 ^b	1,15 ± 0,21 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kepercayaan 95%

Penurunan nilai konduktivitas hidraulik pada kondisi cekaman air sejalan dengan temuan Twumasi *et al.* (2005) pada batang *Z. elegans*. Hayat *et al.* (2020) juga menemukan bahwa penurunan

konduktivitas hidraulik diiringi dengan penurunan laju transpirasi pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) yang ditumbuhkan dalam kondisi cekaman air. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan

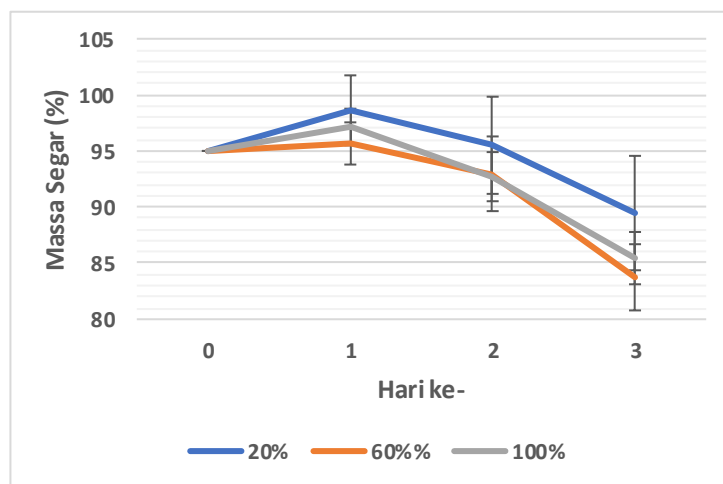
konduktivitas hidraulik diduga merupakan mekanisme tumbuhan untuk membatasi aliran air dan mengurangi kehilangan air akibat transpirasi. Konduktivitas teoritis batang yang terukur cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan konduktivitas empirisnya. Hal ini disebabkan karena metode pengukuran tersebut hanya memperhatikan karakter area lumen pembuluhnya saja, dan mengabaikan resistensi karakter yang disebabkan karakter xilem lain seperti panjang unsur pembuluh (Gloser *et al.*, 2011).

Meskipun terdapat perbedaan yang nyata pada konduktivitas hidraulik total batang, semua perlakuan memiliki efisiensi hidraulik per area xilem (K_s) yang relatif sama. Hasil ini mengindikasikan penurunan konduktivitas hidraulik sebagian besar disebabkan oleh penyusutan luas jaringan xilemnya (A_{xylem}), dan bukan oleh perubahan frekuensi maupun ukuran unsur pembuluh (VF & VD) yang menyusunnya. Hal ini sejalan dengan laporan Garcia-Cervigon *et al.* (2020) yang menyebutkan bahwa perubahan diameter dan densitas unsur pembuluh tidak berpengaruh pada efisiensi konduktivitas hidrauliknya, dikarenakan modifikasi pada kedua karakter tersebut cenderung ditujukan untuk mencapai homeostasis fungsi transpor xilem.

Meskipun terdapat pengaruh pada karakter anatomi dan fungsi xilem, pada penelitian ini, perlakuan cekaman air gagal

untuk memberikan pengaruh yang nyata pada kemampuan rehidrasi maupun waktu pajang bunga potong. Tidak terpengaruhnya kemampuan rehidrasi ditandai dengan tidak adanya perbedaan yang berarti pada perubahan persentase berat segar bunga potong di tiga hari pertama waktu pajang (Gambar 5). Hampir semua sampel menunjukkan pola dan derajat perubahan berat yang serupa, yakni mengalami kenaikan pada hari pertama dan diikuti oleh penurunan yang konstan pada hari-hari berikutnya (Gambar 5).

Modifikasi anatomi jaringan xilem yang teramati dinilai tidak cukup untuk mempengaruhi kemampuan bunga potong dalam mengatasi embolisme pada ujung pemotongan. Hal ini ditunjukkan oleh perubahan persentase berat segar yang tidak jauh berbeda antara ketiga perlakuan di hari pertama waktu pajang (Tabel 4). Tidak terpengaruhnya kemampuan rehidrasi bunga potong juga ditandai dengan tidak adanya perbedaan yang nyata pada persentase berat segar akhir bunga potong di hari ketiga waktu pajang (Tabel 4). Hal ini menunjukkan tidak terpengaruhnya kemampuan bunga potong dalam mempertahankan kesetimbangan airnya dalam jangka waktu yang lama. Perbedaan konduktivitas hidraulik batang sepertinya juga tidak banyak memberi pengaruh pada laju penyerapan air pada bunga potong. Hal serupa juga dilaporkan oleh Twumasi *et al.* (2005).



Gambar 5. Pengaruh perlakuan cekaman air terhadap perubahan persentase berat segar bunga potong *T. erecta* L. pada tiga hari pertama waktu pajang

Analisis variansi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada lama waktu pajang bunga potong. Waktu pajang adalah periode dimana bunga potong masih mempertahankan kondisi aslinya di dalam vas (Vehniwal & Abbey, 2019). Pada penelitian ini, waktu pajang bunga potong dinyatakan berakhir saat semua daun mahkota bunga telah kehilangan turbiditasnya, sehingga mahkota bunga sudah kehilangan bentuknya secara penuh. Gejala kerusakan ini mulai nampak di hari ke-3 waktu pajang pada semua perlakuan, dan pada hari ke-6 waktu pajang, sebagian besar mahkota bunga sampel dari seluruh perlakuan telah dinyatakan layu secara total (**Gambar 5**). Lama waktu pajang memiliki variasi yang cukup tinggi, yakni berkisar antara 5-7 hari pada semua perlakuan. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan temuan Sharma *et al.* (2017) yang juga mendapati bahwa kisaran waktu pajang marigold adalah antara 5-8 hari dengan medium air kran. Sampel dalam perlakuan 60% memiliki rerata waktu pajang yang paling lama, diikuti oleh sampel dalam perlakuan 100% dan 20% KL.

Tabel 4. Parameter performa bunga potong

Perlakuan Penyiraman Harian	Perubahan berat segar pada hari I (%)	Berat segar pada hari III waktu pajang (%)	Hari terjadinya <i>neck bending</i> (hari)	Lama waktu pajang (hari)
20% KL	+3,62 ± 2,11 ^a	89,46 ± 4,78 ^a	4,25 ± 0,50 ^a	5,38 ± 0,43 ^a
60% KL	+0,66 ± 1,27 ^a	83,73 ± 5,97 ^a	5,50 ± 0,58 ^a	6,31 ± 0,63 ^a
100% KL	+2,16 ± 1,43 ^a	85,45 ± 1,34 ^a	5,25 ± 0,50 ^a	6,00 ± 0,71 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf kepercayaan 95%.

Neck bending, atau patahnya leher bunga, juga merupakan gejala yang penting untuk diidentifikasi (Gambar 5). Gejala ini dapat menunjukkan bahwa bunga potong sedang mengalami kekurangan air, dimana laju transpirasi air lebih tinggi dibandingkan laju absorpsinya (Mohammadi *et al.*, 2020). Periode terjadinya gejala ini dapat dijadikan sebagai penentu baik atau buruknya kesetimbangan air pada bunga potong. Pada penelitian ini, tidak ditemukan perbedaan yang nyata pada waktu terjadinya *neck bending* (Tabel 4). Kemunculan gejala ini cukup bervariasi, yakni berkisar antara hari ke-3 hingga ke-6. Secara keseluruhan, rerata periode *neck bending* paling cepat terjadi pada sampel dalam perlakuan 20% dan paling lama terjadi pada sampel dalam perlakuan 60% KL.

Meskipun tidak terbukti secara statistik, sampel dalam perlakuan cekaman air berat (20% KL) memiliki waktu pajang yang relatif paling pendek di antara ketiga perlakuan. Hal ini berkebalikan dengan temuan Twumasi *et al.* (2005). Faktor yang menyebabkan pendeknya waktu pajang pada perlakuan 20% KL diduga berhubungan dengan rendahnya cadangan karbohidrat yang tersimpan di dalam jaringan bunga potongnya sebagai akibat dari cekaman kekeringan yang berakibat dari respirasi, sintesis, osmoregulasi, dan proses pemeliharaan

lainnya, sehingga abundansinya dapat menghambat senescence pada bunga potong (da Costa *et al.*, 2021).

Dibandingkan dengan temuan Twumasi *et al.* (2005) dan van Meeteren *et al.* (2005), pengaruh cekaman kekeringan terhadap kemampuan rehidrasi dan waktu pajang bunga potong pada penelitian ini sangatlah rendah. Perbedaan faktor genetik dari spesies yang digunakan mungkin menyebabkan perbedaan sensitivitas anatomi batang, terutama pada karakter diameter unsur pembuluh xilemnya. Faktor lain yang diduga dapat menyebabkan hal ini mungkin berhubungan dengan periode perlakuan cekaman. Twumasi *et al.* (2005) memberikan cekaman kekeringan sejak bibit tanaman masih berusia 10 hari, sedangkan pada penelitian ini, pemberian perlakuan cekaman diberikan setelah bibit berusia sekitar 28 hari. Perbedaan perlakuan ini mungkin menjadi penyebab rendahnya intensitas perubahan yang terjadi pada jaringan xilem sampel tanaman, dikarenakan unsur pembuluh xilem yang tersusun atas sel-sel mati, tidak dapat beraklimasi dengan perubahan lingkungan apabila perkembangannya telah selesai (Qaderi *et al.*, 2019). Hal ini dapat menjadi indikasi mengenai pentingnya periode pemberian perlakuan cekaman terhadap modifikasi jaringan xilem bunga potong, dan dapat menjadi topik penelitian ke depannya.



Gambar 5. Perubahan kenampakan bunga potong *T. erecta* L. yang ditumbuhkan dalam kondisi air berbeda. (H+0: Hari ke-0, H+3: Hari ke-3, dst.)

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakter struktural dan fungsional xilem pada tanaman *Tagetes erecta* L. hanya dapat terpengaruh oleh cekaman air berat (20% KL). Cekaman air berpengaruh secara negatif terhadap diameter lumen unsur pembuluh, luas jaringan xilem, namun tidak berpengaruh pada frekuensi unsur pembuluhnya. Cekaman air berat juga menurunkan nilai konduktivitas hidraulik xilem batang, namun tidak berpengaruh pada efisiensi hidraulik per area xilemnya. Meskipun terdapat perubahan dalam hal karakter anatomi dan fungsional xilem, perlakuan cekaman air yang diberikan pada akhirnya tidak berhasil mempengaruhi kemampuan rehidrasi maupun waktu pajang bunga potong yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan dapat dilaksanakan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami sebagai penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada yang telah mendanai penelitian ini melalui hibah Kolaborasi Dosen Mahasiswa (KDM, 2021) dengan Surat Kontrak Penelitian Nomor:976/UN1/FBI/PT.01.03/2021, tertanggal 25 Maret et 2021. Ucapan terima kasih juga kami ucapkan kepada pihak Laboratorium Struktur dan Perkembangan Tumbuhan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, yang telah membantu dalam proses pengambilan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Hortikultura 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik RI. pp: 92-93.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany*, 64(7): 887-896.
- da Costa, L.C., F.F. de Araujo, W.S. Ribeiro, M.N. de Sousa Santos, & F.L. Finger. 2021. Postharvest physiology of cut flowers. *Ornamental Horticulture*, 27(3): 374-385.
- De-La-Cruz-Guzman, G.H., V.C. Rosas-Balderas, A. Arriaga-Frias, M. Mandujano-Pina, & S. Aguilar-Rodriguez. 2019. Stem anatomy of *Alstromeria* v. Rebecca and it's relation with the life in vase. *Revista Bio Ciencias*, 6: 568-584.
- Fichot, R., F. Laurans, R. Monclus, A. Moreau, G. Pilate, & F. Brignolas. 2009. Xylem anatomy correlates with gas exchange under contrasting water regimes: evidence from *Populus deltoides* X *Populus nigra* hybrids. *Tree Physiology*, 29: 1537-1549.
- Fitchler, E. & M. Worbes. 2012. Wood anatomical variables in tropical trees and their relation to site conditions and individual tree morphology. *IAWA Journal*, 33(2): 119-140.
- Garcia-Cervigon, A.I., A. Fajardo, C. Caetano-Sanchez, J.J. Camarero, & J.M. Olano. 2020. Xylem anatomy needs to change, so that conductivity can stay the same: xylem adjustment across elevation and latitude in *Nothofagus pomilio*. *Annals of Botany*, 125: 1101-1112.
- Gloser, V., M. Balaz, & P. Svoboda. 2011. Analysis of anatomical and functional traits of xylem in *Humulus lupulus* L. stems. *Plant Soil Environ.*, 57: 338-343.
- Guo, X., C. Peng, T. Li, J. Huang, H. Song, Q. Zhu, & M. Wang. 2021. The effects of drought and re-watering in non-structural carbohydrates of *Pinus tabulaeformis* seedlings. *Biology*, 10(4): 281-297.
- Hacke, U.G., R. Spicer, S.G. Schreiber, & L. Plavcova. 2016. An ecophysiological and developmental perspective on variation in vessel diameter. *Plant, Cell, and Environment*. 40(6): 831-845.
- Hayat, F., M.A. Ahmed, M. Zarebanadkouki, M. Javaux, G. Cai, & A. Carminati. 2019. Transpiration reduction in Maize (*Zea mays* L.) in response to soil drought. In: Ferrio, J.P., M. Dubbert, & C.M. Maguas. 2020. *Greenside of the Water Cycle : New Advances in The Study of Plant Water Dynamics*. Frontiers Media, Lausanne.
- Hoeber, S., C. Leuschner, L. Kohler, D. Arias-Aguilar, & B. Schuldt. 2014. The importance of hydraulic conductivity and wood density to growth performance in eight tree species from a tropical semi-dry climate. *Forest Ecology and Management*, 330: 126-136.
- Kannenberg, S.A. & R.P. Phillips. 2019. Non-structural carbohydrates pools not linked to hydraulic strategies and carbon supply in tree saplings during severe drought and subsequent recovery. *Tree Physiology*, 40: 259-271
- Kim, H.K., J. Park, & I. Hwang. 2014. Investigating water transport through the xylem network in vascular plants. *Journal of Experimental Botany*, 65(7): 1895–1904.
- Manurung, H., W. Kustiawan, I.W. Kusuma, & Marjenah. 2019. Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap

- Pertumbuhan dan Kadar Flavonoid Total Tumbuhan Tabat Barito (*Ficus deltoidea* Jack). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(1): 55-62.
- Melcher, P.J., M.N. Holbrook, M.J. Burns, M.A. Zwieniecki, A.R. Cobb, T.J. Brodribb, B. Choat, L. Sack. 2012. Measurements of stem xylem hydraulic conductivity in the laboratory and field. *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 685-694.
- Mohammadi, M., M. Aelaei, & M. Saidi. 2020. Effect of harmel extract on bacterial population in vase solution and vase life of 'Stanza' and 'Pink Elegance' cultivars of *Gerbera* Cut Flower. *Journal of Plant Productions*, 43(2): 171-184.
- Qaderi, M.M., A.B. Martel, & S.L. Dixon. 2019. Environmental factors influence plant vascular system and water regulation. *Plants*, 8(3): 65-88.
- Riaz, A., A. Younis, A. R. Taj, A. Karim, U. Tariq, S. Munir, & S. Riaz. 2013. Effect of drought stress on growth and flowering of Marigold (*Tagetes erecta* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 45(S1): 123-131.
- Satoh, S., H. Nukui, & T. Inokuma. 2005. A method for determining the vase life of cut spray carnation flowers. *Journal of Applied Horticulture*, 7(1): 8-10.
- Sharma, A., Sharma, K., Gaur, D., Dhakad, H., Banafer, R.N.S., & Lekhi, R. 2017. Effect of integrated nutrient management on growth, flower yield, and vase life of marigold (Var. Pusa Narangi). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6): 319-323.
- Twumasi, P., W. van Leperen, E.J. Woltering, A.M.C. Emons, J.H.N. Schel, J.F.H. Snel, U. van Meeteren, & D. van Marwijk. 2005. Effect of water stress during growth in xylem anatomy, xylem functioning, and vase life in three *Zinnia elegans* cultivars. *Acta Horticulturae*, 669: 303-311.
- van Doorn. W.G. 2012. Water relations of cut flowers: an update. *Horticultural Reviews*, 18(1): 55-106.
- van Meeteren, U., A. van Gelden, & W. van Leperen. 2005. Effect of growth conditions on post harvest rehydration ability of cut *Chrysanthemum* flowers. *Acta Horticulturae*, 669: 287-296.
- Vasellati, V., M. Oesterheld, D. Medan, & J. Loreti. 2001. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. *Annals of Botany*, 88: 355-360.
- Vehniwal, S.S. & L. Abbey. 2019. Cut Flower Vase Life : influential factors, metabolism anorganic formulation. *Horticulture International Journal*, 3(6) : 275-281.
- Zulfiqar, F., A. Younis, A. Riaz, F. Mansoor, M. Hameed, N.A. Akram, & Z. Abideen. 2020. Morpho-anatomical adaptations of two *Tagetes erecta* L. cultivars with contrasting responses to drought stress. *Pakistan Journal of Botany*, 52(3): 801-810.