

Tyas Nyonita Punjungsari & Fitria Ulfa 2022. Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Aluminium.
Journal Viabel Pertanian. (2022), 16(1) 74-81

JARINGAN PENGANGKUT TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.) YANG TUMBUH PADA TANAH TINGGI ALUMINIUM

Diterima:

25 Mei 2022

Revisi:

27 Mei 2022

Terbit:

30 Mei 2022

¹Tyas Nyonita Punjungsari, ²Fitria Ulfa

^{1,2}Fakultas Sains dan Teknologi,

^{1,2}Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, Indonesia

E-mail: ¹tyasnyonita@uin-malang.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan anatomi jaringan pengangkut (xylem dan floem) pada akar *Carica papaya* L. yang tumbuh pada tanah tercemar dan tidak tercemar Al (Aluminium). Penelitian dilakukan dengan menggali tanah 0-30 cm untuk diambil 3 akar lateralnya, kemudian dipotong secara melintang, diwarnai menggunakan xilol dan diamati jaringan pengangkutnya dengan menggunakan mikroskop binokuler computer dengan perbesaran 100x. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa Jaringan pengangkut xylem dan floem yang didapatkan dari akar tanaman *Carica papaya* L. yang tumbuh pada tanah tercemar abu slag aluminium memiliki perbedaan dengan jaringan pengangkut akar dari tanaman *Carica papaya* L yang tumbuh pada tanah tanpa kontaminasi abu slag aluminium.

Kata Kunci: *Carica papaya* L., xylem, floem

ABSTRACT

Purpose of this study is to determine the anatomical differences of transport tissue (xylem and phloem) in *Carica papaya* L. Roots, which grown on contaminated and uncontaminated Al (Aluminum). The study was carried out by digging 0-30 cm of soil to take 3 lateral roots, then cut transversely, stained using xylol and observed the transport tissue using a computer binocular microscope with a magnification of 100x. Based on the research, it is known that the xylem and phloem of transport tissue obtained from the roots of *Carica papaya* L. which grows on soil contaminated with aluminum slag ash has differences with the root transport tissue of *Carica papaya* L. which grows on soil without aluminum slag ash contamination.

Keywords: *Carica papaya* L., xylem, phloem

PENDAHULUAN

Carica papaya termasuk dalam famili Caricaceae. Ini berasal dari Amerika Tengah, dan sekarang tumbuh di semua negara tropis dan banyak daerah subtropis di dunia (Morton, 1987). Ia hidup sekitar 5-10 tahun, dan biasanya tumbuh dengan batang tunggal yang tidak bercabang (Morton, 1987). Daunnya lobus palmately, hingga 75 cm, pada tangkai daun yang panjang dan berongga. *Blade* dibagi menjadi lima sampai sembilan segmen utama, bantalan tulang rusuk kekuningan menonjol dan vena (Morton, 1987) (Gambar 101.1). Bunga lahir pada perbungaan yang muncul di ketiak daun (Hayes, 1945). Umumnya, buahnya seperti melon, bulat atau panjang, dan mungkin berisi lebih dari 1000

biji (Gambar 101.2). Kulitnya halus dan berwarna hijau, tetapi berubah menjadi kuning atau jingga saat matang. Tanaman pepaya (*Carica papaya L.*) tumbuh baik pada semua daerah di Indonesia. Variasi tanaman pepaya dari segala bentuk dan rasa buahnya seperti pepaya cibinong, pepaya California, dan masih banyak lagi tumbuh dengan baik karena iklim Indonesia yang tropis.

Kondisi lingkungan yang paling ideal untuk tanaman *Carica papaya L* adalah suhu lingkungan 25-30 °C, (suhu minimum 15°C dan suhu maksimum 43°C), tanah kaya kandungan organik, kandungan air sedang dan berada pada ketinggian 0-1000 meter di atas permukaan laut. Kandungan nutrisi tanah yang baik menurut Office of The Gene Technology (2008), untuk budidaya tanaman pepaya adalah P > 30 mg/kg, K > 3.0 me/100 g, Mg > 1.0 me/100 g.

Aluminium digunakan oleh beberapa tanaman tetapi bukan merupakan nutrisi penting dan beracun bagi banyak tanaman. Hampir semua tanah yang ada disekitar kita mengandung aluminium karena sekitar 7% dari kerak bumi adalah aluminium. Idealnya, tanaman tidak boleh mengambil banyak aluminium (Pasley, 2003 & Tsakiridis, 2012).

Logam berat terdeposit di lingkungan karena penggunaan lumpur, penggunaan pestisida, pupuk anorganik, emisi dari insinerator limbah industri, knalpot kendaraan, residu dari pengolahan batuan dan atau tambang logam, dan peleburan lainnya di industri yang berbeda (Garbisu dan Alkorta, 2003; Halim dkk., 2003).

Logam berat membuat berbagai rangsangan untuk tanaman, yang merespon dalam berbagai cara seperti khelasi dan kompartementalisasi logam ion, imobilisasi, eksklusi, dan ekspresi mekanisme respons stres seperti protein stress (phytochelatins) dan etilen (Andrades-Moreno et al., 2014). Aluminium adalah salah satu jenis logam yang memiliki toksisitas untuk tanaman yang dapat berakibat buruk pada proses biokimia dan morfofisiologinya. Gangguan pada proses morfosiologi dan biokimia dapat menyebabkan penghambatan perkembangan tanaman (Setiadi, 2015 dan Silva, et al., 2020).

Daerah yang paling mudah terkena keracunan Al adalah akar tanaman. Toksisitas Al disebabkan oleh terhambatnya pertumbuhan akar. Pemanjangan akar merupakan proses pembelahan sel, tetapi fitotoksisitas Al menghalangi mekanisme pembelahan sel. Akibatnya akar ini menjadi kerdil dan rapuh, perkembangan rambut akar buruk dan apeks akar menjadi bengkak dan rusak. Al menyebabkan kerusakan akar yang luas yang menyebabkan penyerapan ion dan air yang buruk. Apeks akar yaitu tudung akar, meristem dan zona elongasi sangat sensitif terhadap Al dan sangat mudah mengakumulasi Al. Akibatnya ia menarik kerusakan fisik yang lebih besar daripada daerah yang sudah dewasa dari jaringan akar.

Salah satu bagian tanaman yang paling dipengaruhi oleh adanya cekaman logam aluminium tinggi adalah jaringan pengangkut (xylem dan floem). Jaringan pengangkut xylem memiliki tugas untuk mengangkut ion-ion dari tanah termasuk aluminium, sedangkan floem bertugas untuk mengangkut senyawa hasil fotosintesis dari daun keseluruh bagian tumbuhan, dari pengamatan terhadap kedua jaringan ini kita bisa mengetahui bagaimana tumbuhan memberikan respon ketika terpapar oleh aluminium dengan konsentrasi yang tinggi dari tanah. Menurut, Steiner, et al., (2015) dengan pemberian Al dengan konsentrasi tinggi sebesar 1.100 dan 1.480 $\mu\text{mol L}^{-1}$, akan menyebabkan penghambatan pemanjangan, penebalan serta pengurangan jumlah akar lateral dan menguningnya akar.

Desa Budug di kecamatan sidorejo kota jombang ditemukan beberapa tanaman pepaya tumbuh tepat di atas lahan tempat pembuangan limbah pengolahan aluminium yaitu abu slag aluminium. Abu slag aluminium paling banyak didapatkan dari sisa pembakaran aluminium, jika abu slag aluminium dibuang di lingkungan maka dapat berdampak pada

Tyas Nyonita Punjungsari & Fitria Ulfa 2022. Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Alumunium.
Journal Viabel Pertanian. (2022), 16(1) 74-81

ekosistem. Cemaran abu slag aluminium dapat menaikkan pH tanah, konsentrasi garam terlarut, penurunan konsentrasi fosfor dan nitrogen tanah yang berdampak pada ketidakseimbangan unsur hara tanah (Mindari, 2009). Pernyataan ini didukung oleh penelitian kimia tanah yang dilakukan oleh Fitria (2021) dimana kandungan pH tanah dilahan tempat pembuangan abu slag aluminium di Desa Budug Kecamatan Sidorejo sangat tinggi yaitu 7,87, yang menyebabkan ketidakseimbangan unsur N, yaitu sebesar 0,17 (sangat rendah). Unsur N sendiri merupakan salah satu unsur hara makro, yang keberadaannya di tanah harus dalam jumlah yang cukup besar karena kebutuhan tanaman terhadap unsur hara ini juga cukup besar dan harus ada, sedangkan pH tanah merupakan salah satu komponen kimia tanah yang memiliki peran fundamental untuk menentukan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara tanah (Gunawan (2019); Javed (2011); Dubey (2018)).

Dari fenomena adanya beberapa tanaman yang tetap tumbuh subur di lahan pebuangan limbah slag aluminium pada Desa Budug Kecamatan Sidorejo Kabupaten Jombang maka dilakukan penelitian untuk mengetahui karakter jaringan pengangkut tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) pada tanah yang tinggi kandungan aluminium dengan mengambil sampel tanaman pepaya yang tumbuh di lahan tercemar aluminium pada Desa Budug Kecamatan Sidorejo Kabupaten Jombang.

METODE PENELITIAN

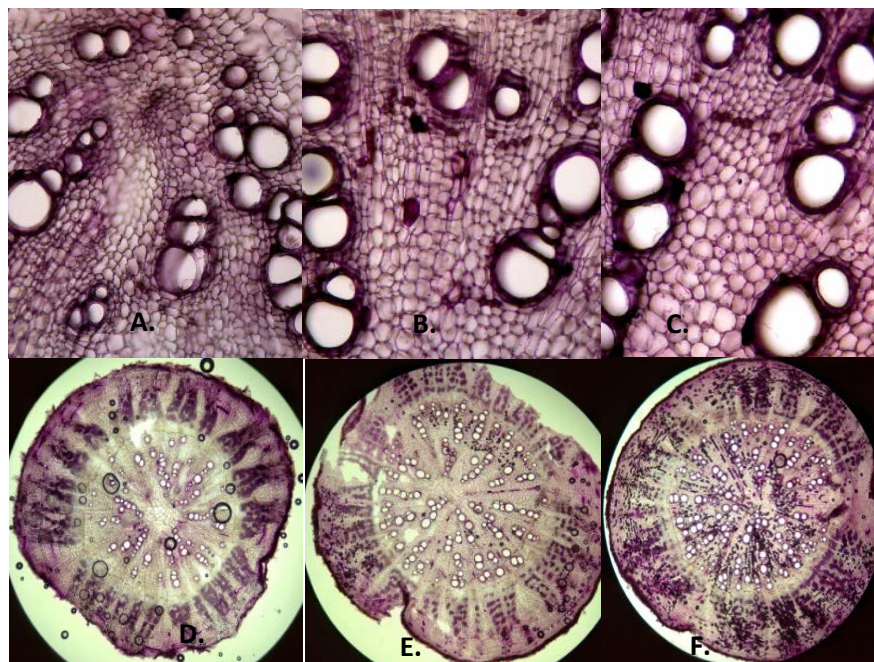
Waktu dan tempat penelitian. Penelitian dimulai dari akhir bulan juli untuk pengambilan sampel di Desa Budug Kecamatan Sidorejo, Jombang dan awal bulan agustus untuk mulai pengamatan di laboratorium fisiologi tumbuhan Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pengambilan sampel akar. Pengambilan sampel akar dilakukan dengan menggali tanah 0-30 cm untuk diambil 3 akar lateralnya. Pengambilan sampel akar dilakukan dengan hati-hati agar ujung akar tidak terputus. Kemudian sampel dimasukkan pada kertas berlabel.

Pengamatan jaringan pengangkut (xylem dan floem). Preparat dibuat untuk mengamati anatomi akar tanaman *Carica papaya* yang tumbuh di tanah tercemar Al dan yang tidak tercemar Al. Pembuatan preparat dilakukan dengan memotong secara melintang akar lateral yang sebelumnya telah dicuci dengan aquades. Potongan dibuat sangat tipis dengan menggunakan silet gillet. Irisan dimasukkan ke dalam botol vial ukuran 10 ml berisikan formaldehid, asam asetat : etil alkohol 70 % dengan perbandingan 5:5:90 (FAA). Setelah perendaman selama 24 jam dengan FAA irisan akar lateral dicuci menggunakan alkohol 70%. Setelah 48 jam irisan akar lateral dicuci dengan alkohol beberapa kali hingga bersih. Tahapan selanjutnya adalah dehidrasi dengan memasukkan irisan melintang akar ke larutan alkohol 70%, 80%, 90%, dan 100% secara bertingkat masing-masing 2 menit. Langkah selanjutnya adalah dealkoholisasi dan clearing menggunakan alkohol:xilol (3:1), alkohol:xilol (1:1), alkohol:xilol (1:3), xilol murni I dan xilol murni II masing-masing selama 2 menit (Sutikno, 2016). Persiapan preparat sebelum pengamatan mikroskop dengan cara meletakkannya pada objek glass, ditetesi gliserin 50 % sebelum ditutup dengan cover glass dan diberi label. Setelah semua telah terlabeli diamatai dibawah mikroskop dengan perbesaran 40x dan 100x. Pengamatan ketebalan epidermis dilakukan dengan mengukur hasil pengamayan melalui mikroskop dengan menggunakan Image Raster 3 dan diamati karakter jaringan xylem dan floemnya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan Pengangkut Xilem. Xilem adalah jaringan kompleks yang mengandung banyak jenis sel, masing-masing dengan struktur dan fungsi tertentu. Jenis sel xilem antara lain elemen trakea (trakeid dan elemen pembuluh yang mati pada saat jatuh tempo) dan parenkim (yang hidup pada saat kematangan). Dengan dinding sel sekunder yang tebal, trakea elemen mengalirkan air dan memberikan dukungan. Trakea elemen dibagi menjadi dua kelas. Trakea tidak berlubang elemennya panjang, sempit, dan meruncing di ujungnya. Trakea tidak berlubang menunjukkan, mereka tidak memiliki perforasi, termasuk trakeid di gymnospermae dan trakeid, trakeid serat, dan libriform serat pada angiospermae. Elemen tracheary berlubang pendek dan lebar dan terhubung ujung ke ujung melalui perforasi (lubang besar di ujung sel) untuk membentuk bejana/*sink*. Fungsi utama xilem adalah transportasi air, konduksi mineral, dan *support* sistem. Transpirasi air bergerak dari tanah ke tanaman melalui xilem dan didorong oleh perbedaan energi antara air di dalam tanah dan air di dalam tanaman. Parenkim xilem adalah sel hidup yang terlibat dalam metabolisme dan perlindungan xilem. Sel parenkim xilem adalah sel hidup dari jaringan dan memainkan berbagai peran termasuk penyimpanan, pertahanan patogen, perbaikan luka, dan pemeliharaan keseimbangan air. Pengamatan karakter xilem dilakukan karena berhubungan dengan pengangkutan ion-ion yang berasal dari dalam tanah. Pada gambar 1 disajikan penampang melintang jaringan xilem yang diamati menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 100x dari akar tanaman *Carica papaya* L. yang tumbuh di tanah dengan cemaran Al yang tinggi.



Gambar 1. Penampang melintang jaringan pengangkut xilem organ akar tanaman *Carica papaya* L. **A.** Jaringan xilem dari tanaman yang tidak tumbuh dit tanah Al tinggi (control); **B.** Jaringan xilem dari tanaman pada stasiun 1; **C.** Jaringan xilem dari tanaman pada stasiun 2; **D.** Penampang utuh jaringan akar control; **E.** Penampang utuh jaringan akar tanaman papaya stasiun 1; **F.** Penampang utuh jaringan tanaman papaya stasiun 2. Sebagian besar ukuran xilem pada stasiun 1 dan stasiun 2 lebih besar dibandingkan dengan ukuran xilem pada tanaman kontrol.

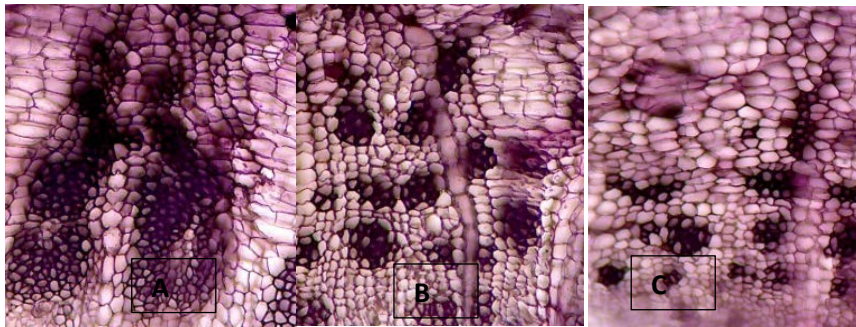
Tyas Nyonita Punjungsari & Fitria Ulfa 2022. Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Aluminium.
Journal Viabel Pertanian. (2022), 16(1) 74-81

Xylem pada akar tanaman yang tumbuh pada area tercemar aluminium memiliki jumlah yang lebih banyak dari pada jaringan xylem akar tanaman yang tumbuh di area control (Gambar 1). Dampak utama dari stress aluminium yang paling mudah diamati adalah pada penghambatan pertumbuhan akar dimulai dengan pengurangan biomassa yang menyebabkan pengurangan pemanjangan akar dan rambut akar. Pengurangan pemanjangan akar dan rambut akar menyebabkan tidak maksimalnya akar dalam menyerap air dan mineral dari tanah, selain itu penyerapan nutrisi oleh akar juga terganggu secara langsung oleh adanya Al dalam konsentrasi tinggi tersebut. Konsentrasi Al yang tinggi menyebabkan fungsi aquaporin terhambat. Aquaporin yang terhambat akan menyebabkan permeabilitas hidrolik akar menurun sehingga penyerapan air menurun (Ryser, 2007; Dey, 2016 & Tanentzap, 2015).

Lingkungan dengan stress logam berat punya pengaruh yang kuat terhadap fungsi fisiologis dari xylem. Kelangsungan hidup tanaman sangat bergantung pada kemampuan xylem untuk mempertahankan suplay air ke tajuk tanaman meskipun tanaman berada dikondisi tercekam. Terhambatnya penyerapan air dapat menyebabkan tanaman mengalami kekeringan. Kekeringan bida menginduksi terjadinya pemecahan kolom air menjadi udara dan air (kavitasi) xylem yang menyebabkan pembentukan emboli pada saluran xylem. Emboli dapat menutup saluran dan mencegah pergerakan air (Qaderi, 2019). Zwieniecki (2014) menyatakan emboli dapat diatasi dengan pembentukan lebih banyak saluran xylem baru. Pembentukan saluran xylem yang baru menyebabkan kontinuitas dan kapasitas penyerapan air oleh akar akan tetap normal seperti ketika dalam keadaan normal. De Solva (2012) menyatakan bahwa penambahan saluran xylem adalah salah satu mekanisme untuk mempertahankan konduktansi hidrolik dengan mengurangi efek jalur panjang. Kerapatan saluran menjadi bertambah sebagai mekanisme lanjutan dari berkurangnya luas daerah serapan akar akibat tekanan logam.

Jaringan pengangkut floem. Floem adalah jaringan kompleks dengan beberapa jenis sel, masing-masing dengan struktur dan fungsi tertentu. Floem primer berkembang dari prokambium, floem sekunder berkembang dari kambium vaskular. Floem Angiospermae terdiri dari tabung ayakan elemen, sel pendamping, serat, dan parenkim. Floem Gymnospermae hanya memiliki sel ayakan dan parenkim floem. Kerja floem dan xilem selalu terjadi bersama-sama, karena mereka berasal dari bifacial meristem yang sama. Floem ke luar, abaksial ke xilem. Fungsi utama floem adalah translokasi fotosintesis. Fotosintat (produk fotosintesis) ditranslokasi melalui floem dari jaringan autotrofik ke jaringan heterotrofik melalui tabung floem dengan mekanisme yang dijelaskan oleh hipotesis aliran tekanan Münch. Gula aktif dimuat di sumber dan secara aktif diturunkan di wastafel. Air mengikuti gula melalui osmosis, yang menekan saringan tabung dan menggerakkan sistem. Floem memobilisasi logam berat bervariasi tergantung jenis logam beratnya. Jumlah logam berat yang terakumulasi pada daun akan menyebabkan terganggunya proses fotosintesis oleh daun. Proses fotosintesis yang terganggu menyebabkan kurangnya nutrisi yang dihasilkan untuk didistribusi sehingga menyebabkan perbedaan volume jaringan floem yang tercekam aluminium dengan yang tidak (control) gambar 2.

Tyas Nyonita Punjungsari & Fitria Ulfa 2022. Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Aluminium.
Journal Viabel Pertanian. (2022), 16(1) 74-81



Gambar 2. Penampang melintang jaringan pengangkut floem organ akar tanaman *Carica papaya* L. **A.** Jaringan floem dari tanaman yang tidak tumbuh ditanah Al tinggi (control); **B.** Jaringan floem dari tanaman pada stasiun 1; **C.** Jaringan floem dari tanaman pada stasiun 2.

Kerja dari floem dan xylem saling berhubungan secara fundamental karena kedua saluran ini berpotongan pada stomata. Pengaruh antar xylem dan floem yang paling nyata adalah ketika proses hidrolisis dan asimilasi fotosintesis ketika pertukaran air dan CO₂ pada permukaan daun (Kim & Joonghyuk, 2014). Epron, et al., (2018) menyatakan bahwa cekaman pada kar tanaman yang menyebabkan suplai air berkurang akan menyebabkan perubahan pada jaringan floem dengan mengecil dan menipisnya diameter tabung floem. Penurunan volume floem ini akan berdampak pada menurunnya kapasitas transportasi floem. Paul, et al., juga menyatakan bahwa perbesaran diameter xylem berbanding terbalik dengan mekanisme kerja floem dalam mentranslokasi gula sehingga berakibat pada penurunan jari-jari floem yang diinisiasi oleh bertambahnya tekanan mekanis sel-sel pada jaringan floem karena bertambahnya diameter xylem.

Uraian sebelumnya berbanding lurus dengan hasil penelitian terhadap jaringan floem tanaman *Carica papaya* L yang tumbuh pada daerah tercemar aluminium. Volume jaringan floem dari tanaman yang tercemar aluminium memiliki volum yang lebih kecil dari pada jaringan floem tanaman pepaya yang tumbuh ditanah normal (control). Ketika tanaman dalam kondisi tercekam maka kandungan klorofil totalnya akan mengalami perubahan. Kandungan klorofil total tanaman memiliki pengaruh yang signifikan terhadap profil floem. Pernyataan ini didukung oleh Hidayati (2017) yang menyatakan bahwa akan terjadi pengerutan sel pada floem ketika terjadi penurunan ketersediaan air yang berakibat pada penurunan kadar relative daun, dan turgiditas sel daun yang juga ikut turun. Pengerutan sel floem akan berdampak pada pengangkutan hasil fotosintesis yang ikut turun, kejadian ini terjadi karena tugas floem itu sendiri sebagai pengangkut hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tanaman. Holta (2013) menyatakan bahwa kapasitas transportasi jarak jauh floem berbanding lurus dengan tingkat produksi senyawa karbon yang diasimilasikan pada proses fotosintesis di daun.

KESIMPULAN

Jaringan pengangkut xylem yang didapatkan dari akar tanaman *Carica papaya* L. yang tumbuh di tanah dengan konsentrasi aluminium tinggi memiliki jumlah yang lebih banyak daripada jumlah xylem tanaman kontrol, hal ini dapat terjadi sebagai bentuk adaptasi tanaman untuk mempertahankan kontinuitas dan kapasitas penyerapan air oleh akar, ketika tanaman tercekam logam berat. Jaringan pengangkut floem dari akar tanaman *Carica papaya* L. yang tumbuh di tanah dengan konsentrasi aluminium tinggi memiliki penurunan volume jari-jari. Penurunan jari-jari terjadi karena berkurangnya jumlah nutrisi yang dihasilkan ketika proses fotosintesis. Kerja xylem dan floem saling mempengaruhi

Tyas Nyonita Punjungsari & Fitria Ulfa 2022. Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Aluminium.
Journal Viabel Pertanian. (2022), 16(1) 74-81

pada stress logam berat secara berbanding terbalik, dimana diameter xilem yang membesar secara negatif dapat mempengaruhi floem dengan memberi tekanan mekanis pada sel-selnya, yang mengakibatkan penurunan translokasi gula sehingga turut serta menurunkan ukuran jari-jari floem.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, C.L & Domy C. A. 1993. Environmental Impacts of Coal Combustion Residues: *J. Envi. Qual.* 22:227-247.
- De Silva, N.D.G., Ewa C., & Peter R. 2012. Effects of Combined Drought and Heavy Metal Stresses on Xylem Structure and Hydraulic Conductivity in Red Maple (*Acer rubrum* L.): *J. of Exp. Bot.* 63(16):5957-5966.
- Dubey, S., *et al.* 2018. Toxicity and Detoxification of Heavy Metals During Plant Growth and Metabolism: *Springer*. 1-24.
- Epron, D. *et al.*, 2018. The Impact of Prolonged Drought on Phloem Anatomy and Phloem Transport in Young Beech Trees: *Tree Phy.* 1-10.
- Febjislami, S., dkk. 2018. Karakteristik Morfologi Bunga, Buah, dan Kualitas, Buah Tiga Genotipe Pepaya Hibrida: *Bul. Agro.* 6(1):112-119.
- Firmansyah, A. M. 2010. Respon Tanaman terhadap Aluminium: *J. Agri.*6(2):807-818.
- Fitria U (2021) Pengaruh Cemaran Abu Slag Aluminium pada Morfologi, Anatomi dan Kadar Klorofil Tanaman *Carica papaya* L.S.Si.Skripsi.UIN Maulana Malik Ibrahim, S1 Biologi.
- Furlan, *et al.* 2018. Aluminum-Induced Stress Differently Modifies Urochloa Genotypes Responses on Growth and Regrowth: Root-to-Shoot Al-Translocation and Oxidative Stress: *Theor. Exp. Plant Phys.*
- Gunawan, N. W. & Sri, W. B. R. 2019. Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah pada Agroforestri Tanaman Sayuran Berbasis *Eucalyptus* Sp.: *J. Silvi. Trop.* 10(2):63-69.
- Hidayati, N. 2013. Mekanisme Fisiologi Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat: *J. Tek. Ling.* 14(2):75-82.
- Hidayati, N., dkk. 2017. Pengaruh Kekeringan terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) dan Johar (*Cassia florida* Vahl.) dari Provenan yang Berbeda: *J. Pem. Tanaman Hut.* 11(2):99-111.
- Holttta, T., Miika K. & Eero M.. 2013. Scaling of Xylem and Phloem Transport Capacity and Resource Usage with Tree Size: *Front. in Plant Sci.: Plant Biophysics and Modeling.* 4:1-19.
- Javed, M. T. 2011. *Mechanisms Behind pH Changes by Plant Roots and Shoots Caused by Elevated Concentration of Toxic Elements*. Stockholm University: Sweden.
- Kim, H. K., Joonghyuk P. & Ildoo H. 2014. Investigating Water Transport Through The Xylem Network in Vascular Plants: *J. of Exp. Bot.* 65(7):1895-1904.
- Kopittke, P. M. *et al.* 2021. Identification of the Primary Lesion of Toxic Aluminium in Plant Root: *Plant Phys.* 167:1402-1411.
- Kurnia, R. 2018. *Fakta Seputar Pepaya*. Bhuana Ilmu Populer: Jakarta.

Tyas Nyonita Punjungsari & Fitria Ulfa 2022. Jaringan Pengangkut Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.) yang Tumbuh Pada Tanah Tinggi Aluminium. *Journal Viabel Pertanian*. (2022), 16(1) 74-81

- Liu, A. & Bomke, A. A. 2004. Effect of Cover Crops on Soil Aggregate Stability, Total Organic Carbon and Polysaccharides: *J. Soil Sci.* 69(1):2041-2048.
- Pasley, R. S. 2003. *The Physical and Chemical Reclamation and Recycling of Elements from Black Aluminium Furnace Residue*. Brunel University: London.
- Paul, S., et al., 2017. Effect of High Temperature on Yield Associated Parameters and Vascular Bundle Development in Five Potato Cultivars: *Scientia Horticulturae*. 225:134-140.
- Pidjath, C., et al. 2021. Morpho-Physiological Changes of Four Tropical Tree Seedlings Under Aluminum Stress: *Biodiv.* 22(3):1211-1220.
- Qaderi, M. M., Ashley B. M. & Sage L. D. 2019. Environmental Factors Influence Plant Vascular System and Water Regulation: *Plant*. 8(65):1-23.
- Saran & Ravish C. 2019. *Advances in Papaya Cultivation*. Burleigh Dodds Science Publishing: UK.
- Silva, et al. 2007. Papaya (*Carica papaya* L.) Biology and Biotechnology: *Tree and Forestry Sci. and Bio.* 1(1):47-73.
- Silva, et al. 2020. Differential Accumulation of Aluminum in Root Tips of Soybean Seedlings: *Braz. J. of Bot.*
- Steiner, et al. 2015. Effects of Aluminum on Plant Growth and Nutrient Uptake in Young Physic Nut Plants: *SEMINA: CIENCIAS AGRARIAS*. 33(5):1779-1788.
- Sujiprihati, S & Ketty S. 2009. *Budidaya Pepaya Unggul*. Penebar Swadaya Grup: Bogor.
- Tsakiridis, P. E. 2012. Aluminium Salt Slag Characterization and Utilization- A Review: *J. of Hazard. Mat.* 1-10.
- Widaningrum, M. & Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya: *Bul. Tek. Pascapanen Pert.* 3:1-12.
- Zwieniecki, M.A & Francesca Secchi. 2014. Threats to Xylem Hydraulic Function of Trees under 'New Climate Normal' Conditions: *Plant. Cell & Envi.*