

Pertumbuhan Daun Stek Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.) pada Tiga Sistem Hidroponik Berbeda

Leaves Growth of Javanese ginseng (Talinum paniculatum Gaertn.) Cuttings in Three Different Hydroponic Systems

Arif Yachya^{1*}

¹Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Adi Buana
Jl. Dukuh Menanggal XII, Surabaya, Indonesia, 60234

Email: arif@unipasby.ac.id

Abstrak

Ginseng jawa (*Talinum paniculatum*) dikenal akarnya berkhasiat sebagai penambah stamina. Selain itu, beberapa penelitian telah membuktikan ekstrak daun ginseng jawa juga berkhasiat obat. Sampai saat ini belum ada informasi tentang teknik kultivasi ginseng jawa dengan tujuan utama mendapatkan biomassa daun. Hidroponik adalah salah satu teknik kultivasi tanpa tanah yang terbukti dapat meningkatkan hasil panen (biomassa), kualitas dan kandungan zat aktif tanaman sayur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis sistem hidroponik terbaik untuk pertumbuhan daun stek batang ginseng jawa. Sistem hidroponik yang digunakan yaitu DFT, NFT dan aeroponik. Stek batang dikultivasi pada ketiga sistem selama 60 hari di dalam rumah kaca. Pada akhir kultivasi dilakukan pengukuran luas area daun dan kadar klorofil. Hasil pengamatan menunjukkan jenis sistem berpengaruh nyata pada luas daun dan kadar klorofil. Luas area daun tertinggi sampai terendah berturut-turut diperoleh dari sistem aeroponik, NFT dan DFT. Sebaliknya, kadar klorofil tertinggi sampai terendah berturut-turut diperoleh dari sistem DFT, NFT dan aeroponik. Hasil ini mengindikasikan suplai oksigen yang cukup pada daerah perakaran menjadi faktor kritis pertumbuhan stek batang ginseng jawa dibandingkan kadar klorofil. Pada akhirnya, penelitian ini merekomendasikan sistem aeroponik untuk menumbuhkan stek batang ginseng Jawa dengan tujuan memperoleh biomassa daun.

Kata kunci: *Talinum paniculatum*, ginseng jawa, klorofil, daun

Abstract

Javanese Ginseng (*Talinum paniculatum*) is popular for its roots as a stamina enhancer. Besides that, some studies informed that Javanese ginseng leaf extract has medicinal properties too. Until now, there is no information on cultivation techniques of Javanese ginseng for leaf biomass. Hydroponic is a soilless cultivation technique that has been proven to increase crop yields (biomass), quality, and the active substance in vegetable crops. This study aimed to determine the best type of hydroponic system for the growth of leaves of Javanese ginseng stem cuttings using three hydroponic systems (such as DFT, NFT, and aeroponics). The cuttings were cultivated in a greenhouse for 60 days. Leaf areas and chlorophyll contents were measured at final cultivation. The results showed that the type of system had a significant effect on leaf area and chlorophyll content. The highest to the lowest leaf areas were obtained from aeroponics, NFT, and DFT systems, respectively. Whereas, the highest to the lowest chlorophyll levels were obtained from DFT, NFT, and aeroponic systems, respectively. These results indicate that adequate oxygen supply in the root area is a critical factor for the growth of Javanese ginseng stem cuttings compared to chlorophyll content. Finally, this study recommends an aeroponic system for growing Javanese ginseng stem cuttings with leaf biomass as the goal.

Keywords: *Talinum paniculatum*, Javanese ginseng, chlorophyll, leaves

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara tropis kaya akan tanaman obat, salah satunya adalah *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaert. Penduduk lokal mengenalnya sebagai ginseng Jawa. Akar *T. paniculatum* telah diketahui khasiatnya sebagai penambah stamina dan tonik reproduktif seperti

ginseng Korea dan Cina. Selain akarnya, penduduk Indonesia dan negara tropis lainnya juga telah lama memanfaatkan daun *T. paniculatum* sebagai sayuran atau untuk tujuan pengobatan. Diketahui daun *T. paniculatum* mengandung provitamin A, serat dan beragam mineral penting lainnya (Lestario

et al., 2009). Ramos *et al.* (2010) berhasil mengisolasi dan melaporkan bahwa kompesterol, β -sitosterol dan stigmasterol dapat diekstrak dari daun *T. paniculatum*. Thanamool *et al.* (2013) telah membuktikan bahwa ekstrak daun *T. paniculatum* memiliki aktivitas estrogenik pada tikus yang telah diambil ovariumnya, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menghambat kemunduran jaringan reproduksi selama menopause. Lestario *et al.* (2009) menyatakan ekstrak daun ginseng Jawa lebih efektif dalam menghambat proses oksidasi asam lemak.

Akhir-akhir ini, diketahui potensi hidroponik sebagai solusi kebutuhan sayuran berkualitas seiring sempitnya lahan dan meningkatnya jumlah penduduk di daerah perkotaan (Lemonte *et al.*, 2016). Hidroponik juga dilaporkan sukses untuk produksi metabolit sekunder pada beberapa tanaman, misalnya produksi flavonoid pada *Acmella oleraceae* (Abeyasinghe *et al.*, 2014), alkaloid tropana pada *Datura* dan taxana pada *Taxus baccata* (Gontier *et al.*, 2002). Sampai saat ini produksi biomassa dan metabolit sekunder yang berasal dari organ daun stek batang *T. paniculatum* secara hidroponik belum pernah dicoba. Harapan dengan kultivasi stek batang ginseng *T. paniculatum* secara hidroponik dapat diperoleh hasil panen biomassa daun yang maksimal.

Sistem hidroponik memiliki banyak variasi, sehingga menentukan sistem hidroponik yang tepat dengan jenis komoditi tanaman menjadi sesuatu yang krusial. Variasi tersebut mempunyai tujuan yang sama yaitu ketersediaan suplai air, nutrisi dan oksigen ke zona perakaran (Wahome *et al.*, 2011). Pemilihan sistem hidroponik perlu mempertimbangkan tempat, produktivitas yang dihasilkan, ketersediaan media tanam yang sesuai, dan harapan kualitas tanaman (Sardare & Admane, 2015). Oleh karena itu, pemilihan

jenis sistem hidroponik yang sesuai untuk produksi biomassa daun stek batang *T. paniculatum* penting dilakukan. Setiap jenis sistem hidroponik memiliki pola penghantaran nutrisi yang spesifik dan mempengaruhi ketersediaan air dan nutrisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis sistem terbaik untuk pertumbuhan daun stek batang *T. paniculatum*. Sistem hidroponik yang digunakan yaitu DFT, NFT dan aeroponik. Ketiganya memiliki perbedaan pola dalam penghantaran larutan nutrisi.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimental satu faktor yaitu jenis sistem: DFT, NFT dan aeroponik. Data yang didapatkan antara lain luas, kadar klorofil dan berat daun.

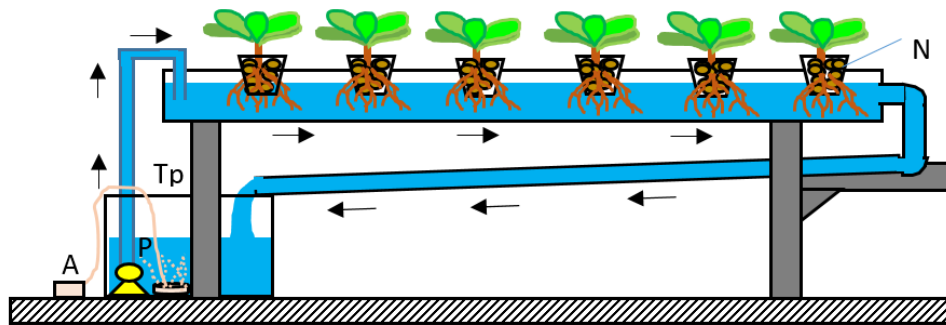
Waktu dan Tempat Penelitian

Kultivasi dilaksanakan selama 60 hari di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan Rumah kaca, Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas PGRI Adi Buana (Unipa).

Pembuatan Sistem

Prosedur pembuatan ketiga sistem uji adalah sebagai berikut:

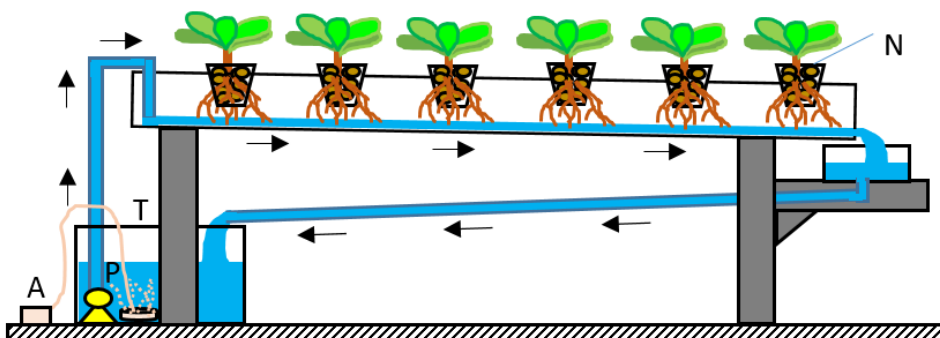
- a. Sistem DFT terbuat dari kontainer plastik berukuran 50x35x39 cm dan pipa PVC diameter 4 inch berwarna putih. Kontainer plastik digunakan sebagai tempat nutrisi dan pipa PVC berfungsi sebagai tempat kultivasi. Lubang tanam berdiameter 10 cm dan jarak antar lubang tanam 15 cm. Kedalaman larutan nutrisi di dalam pipa diatur 6 cm. Larutan nutrisi disirkulasikan menggunakan pompa celup dengan debit 750 L/jam (Gambar 1).



Gambar 1. Sistem *deep flow technique* (DFT) dan perlengkapannya (A) aerator, (P) pompa, (Tp) tempat penampungan nutrisi, (NH) netpot dan hidroton, (→) arah aliran larutan nutrisi.

- b. Sistem NFT terbuat dari kontainer plastik berukuran 50x35x39 cm dan gully berukuran 50x12x12 berwarna putih. Kontainer plastik digunakan sebagai tandon nutrisi dan gully berfungsi sebagai tempat kultivasi. Lubang tanam dibuat dengan cara melubangi tutup gully dengan

diameter 10 cm dan jarak antar lubang 15 cm. Kemiringan gully diset 1% untuk menciptakan aliran larutan nutrisi setipis film. Larutan nutrisi disirkulasikan menggunakan pompa celup dengan debit 750 L/jam (Gambar 2).

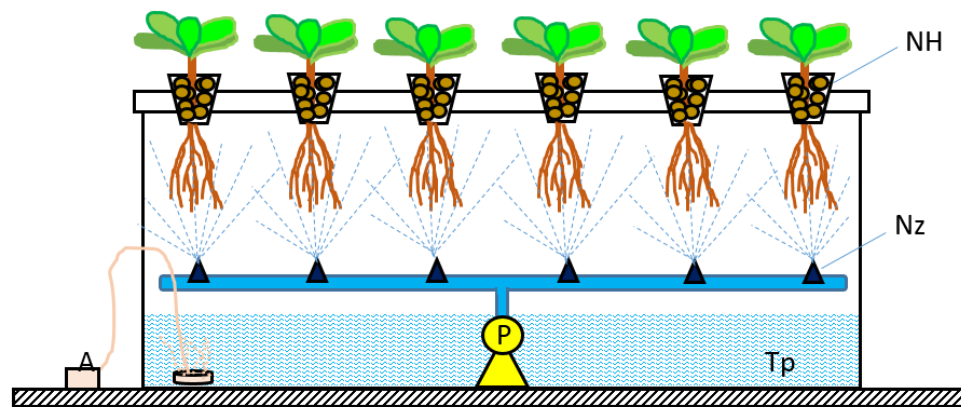


Gambar 2. Sistem *nutrien film technique* (NFT) dan perlengkapannya (A) aerator, (P) pompa, (Tp) tempat penampungan nutrisi, (NH) netpot dan hidroton, (→) arah aliran larutan nutrisi.

- c. Sistem aeroponik terbuat dari 2 kontainer plastik berukuran 50x35x78 cm berwarna putih yang digunakan sebagai tandon larutan nutrisi dan tempat kultivasi. Lubang tanam dibuat dengan cara melubangi tutup kontainer dengan diameter 10

cm dan jarak antar lubang 15 cm. Larutan nutrisi disemprotkan melalui nozzle oleh pompa celup dengan debit 2000 L/jam (Gambar 3).

Ketiga sistem ditempatkan di dalam rumah kaca yang beratapkan plastik UV 14%.



Gambar 3. Sistem aeroponik dan perlengkapannya (A) aerator, (P) pompa, (Tp) tempat penampungan, (NH) netpot dan hidroton, (Nz) nozzle.

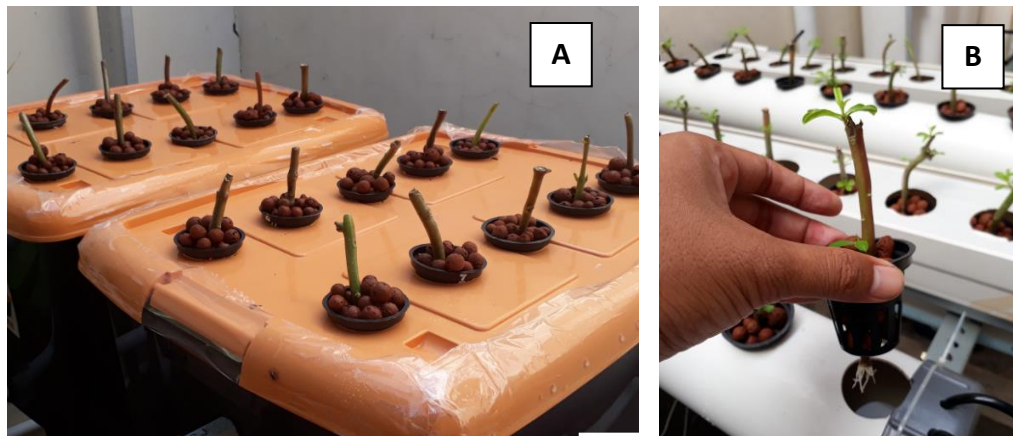
Sumber eksplan

Potongan batang diperoleh dari batang tanaman induk *T. paniculatum* koleksi Departemen Biologi FST Universitas PGRI Adi Bupa (Unipa) yang berumur 6 bulan (Gambar 4A). Batang tanpa tunas samping atau percabangan dengan diameter 0,7-1 cm dipotong sepanjang 9-10 cm dari pucuk

menggunakan skalpel. Dedaunan pada potongan batang dihilangkan dengan pemotongan menggunakan gunting. Pada bagian pangkal cabang dipotong miring 45° dan secepatnya ditempatkan di sistem hidroponik. Penempatan potongan batang pada lubang tanam dibantu dengan busa dan hidroton sebagai penyangganya (Gambar 5).



Gambar 4. Tanaman induk ginseng jawa (*Talinum paniculatum*) yang berumur 6 bulan koleksi Departemen Biologi FST Unipa.



Gambar 5. Stek batang ginseng jawa (*Talinum paniculatum*) umur (A) 0 hari dan (B) 5 hari setelah tanam.

Preparasi larutan Murashige dan Skoog (MS) kepekatan 100%

Penelitian ini menggunakan larutan nutrisi menurut komposisi Murashige dan Skoog (MS) (Murashige & Skoog, 1962) dengan komposisi hara sebagai berikut: NH_4NO_3 (1650 mg), KNO_3 (1900 mg), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (440 mg), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (370 mg), KH_2PO_4 (170 mg), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (27,8 mg), $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (22,3 mg), $\text{ZnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (8,6 mg), H_3BO_3 (6,2 mg), KI (8,3 mg), $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,25 mg), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (25 mg), $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (25 mg). Semua bahan dilarutkan dengan air destilasi sampai volume 1000 mL dan pH diatur pada 6.0 – 6,5 menggunakan larutan asam klorida (HCl) 37% atau potassium hidroksida (KOH) 25%.

Kondisi kultivasi

Potongan batang ditempatkan pada lubang tanam ketiga jenis sistem hidroponik, yaitu DFT, NFT dan aeroponik. Volume larutan nutrisi masing-masing sistem adalah 30 L dengan kapasitas pompa celup 2400 L/jam. Semua sistem ditempatkan di dalam rumah kaca dengan atap plastik UV 14% dengan kondisi lingkungan (pencahayaan, kelembaban dan temperatur udara) yang sama. Tingkat kepekatan larutan dan penggantian nutrisi selama kultivasi diatur menurut Yachya *et al.* (2020). Tingkat keasaman larutan nutrisi

dijaga pada pH 6.0 – 6.5. Penambahan aquades dilakukan bila volume larutan nutrisi berkurang.

Pengukuran luas area daun dan kandungan klorofil

Luas area daun dihitung dengan bantuan software Image J. Daun dipisahkan dari batang kemudian daun dan mistar discan menggunakan scanner printer HP deskjet 1515. Hasil scan berupa file gambar berformat JPG. Software Image J dijalankan kemudian file gambar hasil scan dibuka dengan klik “FILE” pada menu selanjutnya memilih “OPEN”. Mengeklik “*magnifying glass*” pada menu untuk memperbesar (klik kanan mouse) atau memperkecil gambar (klik kiri mouse) untuk memudahkan pengaturan skala 1 cm berdasar gambar mistar yang telah discan bersama daun. Mengeklik “Straight” kemudian menarik garis lurus pada gambar mistar sepanjang 1 cm. Mengeklik “Analyze” dan memilih “Set scale” untuk pengaturan skala kemudian mengisi “*know distance: 1*” dan “*unit of length: cm*” selanjutnya mencentang “Global” dan mengeklik “OK”. Mengeklik “Image” pada menu kemudian memilih “type: 8 bit”. Mengeklik “Process” pada menu kemudian memilih “Binary” lalu “Make binary”. Mengeklik “Analyze” pada menu kemudian memilih “Tools” lalu “ROI Manager” selanjutnya muncul jendela

“ROI Manager”. Pada jendela “ROI Manager” dicentang “Show all” dan “Labels”. Meneklik “Wand (tracing) tool” pada menu kemudian memilih dengan cara mengeklik tiap daun yang telah discan kemudian mengeklik “add” pada jendela “ROI Manager”. Gambar yang telah terpilih ditandai dengan adanya nomor. Setelah semua daun ditandai selanjutnya mengeklik “Measure” pada jendela “ROI Manager” untuk mengetahui hasil pengukuran luas area.

Kandungan klorofil diukur menggunakan metode Wintermans dan de Mots. Satu gram daun (nomor 5-10 dari pucuk) digerus dengan mortar kemudian diekstrak dengan 50 mL etanol 96%. Ekstrak disaring dengan saringan Buchner, selanjutnya filtrat ditempatkan pada labu ukur 100 mL dan ditambah dengan etanol 95% sampai tanda batas kemudian dihomogenisasi. Filtrat (15 mL) dipindahkan ke tabung konikal untuk disentrifugasi pada 500 rpm selama 10 menit. Supernatan diukur nilai absorbansi atau *optical density*-nya pada panjang gelombang 649 dan 665 nm dengan spektrofotometer Thermo Scientific Genesys 20. Kadar klorofil dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Klorofil total (mgL}^{-1}\text{)} = (20 \times \text{optikal density } \lambda \text{ 649}) + (6,61 \times \text{optikal density } \lambda \text{ 665})$$

$$\text{Klorofil a (mgL}^{-1}\text{)} = (13,7 \times \text{optikal density } \lambda \text{ 665}) + (5,76 \times \text{optikal density } \lambda \text{ 649})$$

$$\text{Klorofil (mgL}^{-1}\text{)} = (25,8 \times \text{optikal density } \lambda \text{ 649}) - (7,7 \times \text{optikal density } \lambda \text{ 665})$$

Analisa data

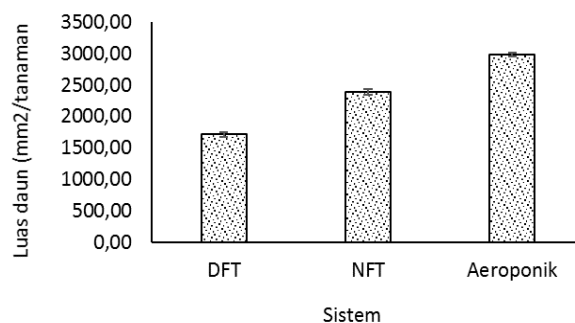
Analisis data dilakukan dengan uji ANOVA. Jika F ANOVA signifikan, maka dilanjutkan ke uji Duncan atau Games-Howell dengan tingkat signifikansi 5%. Uji statistika dilakukan dengan bantuan program IBM SPSS statistic 23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

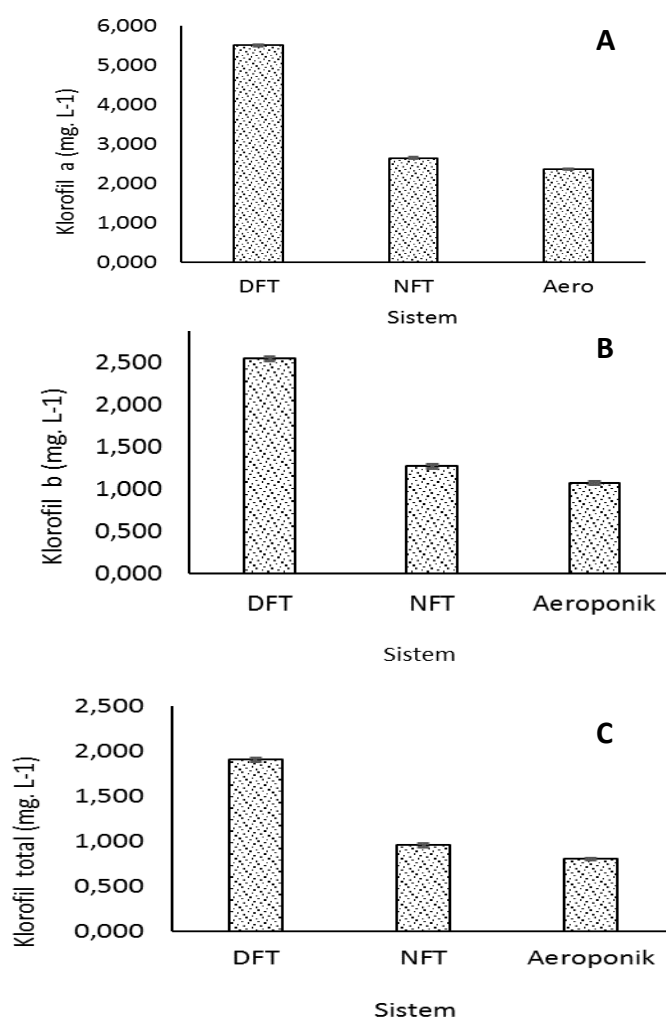
Hidroponik merupakan salah satu teknik bercocok-tanam tanpa menggunakan

tanah. Semua unsur hara yang diperoleh tanaman dari tanah disuplai oleh larutan nutrisi yang dihantarkan dengan pola tertentu ke daerah perakaran. Sistem hidroponik yang berbeda mempengaruhi ketersediaan air, nutrisi dan oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh tanaman (Frasetya *et al.*, 2021). Ketiga sistem hidroponik uji (DFT, NFT dan aeroponik) pada penelitian ini memiliki perbedaan pola penghantaran larutan nutrisi. Sistem DFT dapat menyediakan air dan nutrisi dalam kondisi pompa tidak berfungsi dan sebaliknya pada sistem NFT dan aeroponik. Peningkatan kadar oksigen terlarut dalam larutan nutrisi menjadi kelebihan sistem NFT dan aeroponik (Frasetya *et al.*, 2021). Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan diantara ketiga sistem ini berdampak pada pertumbuhan dengan indikasi berbedanya luas daun dan kadar klorofil stek batang *T. paniculatum* (Gambar 6-7).

Luas area daun tertinggi sampai terendah berturut-turut diperoleh dari sistem aeroponik, NFT dan DFT (Gambar 6). Hasil yang sama ditunjukkan tanaman *lettuce* yang memiliki perbedaan tinggi tanaman dari tertinggi sampai terendah diperoleh berturut-turut dari sistem aeroponik, NFT dan DFT (Frasetya *et al.*, 2021). Tingkat ketersediaan ketiga komponen esensial pertumbuhan, yaitu air, nutrisi, dan oksigen terlarut berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman (Frasetya *et al.*, 2019). Ketersediaan ketiga komponen tersebut pada sistem aeroponik diduga lebih tinggi dibanding pada sistem DFT dan NFT, sehingga pertumbuhan daun stek batang *T. paniculatum* pada sistem aeroponik lebih terakselerasi. Akar tanaman yang selalu kontak dengan oksigen pada sistem aeroponik menstimulasi proses metabolik yang selanjutnya berdampak positif pada perkembangan akar dan penyerapan nutrisi (Tunio *et al.*, 2022). Kondisi sebaliknya terjadi pada sistem DFT dimana daerah perakaran selalu terendam air.



Gambar 6. Hasil pengukuran luas area daun stek batang ginseng jawa (*Talinum paniculatum*) umur 60 hari setelah tanam pada tiga jenis sistem hidroponik yang berbeda



Gambar 7. Hasil pengukuran kadar klorofil (A) a, (B) b dan (C) total daun stek batang ginseng jawa (*Talinum paniculatum*) umur 60 hari setelah tanam pada tiga jenis sistem hidroponik yang berbeda.

Hasil sebaliknya, kadar klorofil A, B dan total tertinggi sampai terendah berturut-turut diperoleh dari sistem DFT, NFT dan aeroponik (Gambar 7). Perbedaan kadar

klorofil daun berhubungan dengan status hara tanaman (Sankhalkar *et al.*, 2019). Kadar klorofil yang tinggi pada sistem DFT dapat disebabkan terjaganya ketersediaan air dan suplai hara sehingga meminimalkan

dampak negatif dari stres air dan nutrisi pada pertumbuhan tanaman (Frasetya *et al.*, 2021). Kedalaman air minimal 5 cm pada sistem DFT yang menjamin ketersediaan air dan nutrisi daerah perakaran meskipun pompa mengalami gangguan (Warjoto *et al.*, 2020). Sebaliknya, gangguan pompa pada sistem NFT dan aeroponik berpotensi menyebabkan stres akibat kekurangan air dan nutrisi. Kinerja pompa menjadi kunci ketersediaan air dan nutrisi pada sistem NFT dan aeroponik. Kadar klorofil yang rendah pada NFT dan aeroponik dibanding DFT (Gambar 7) mengindikasikan stek batang *T. paniculatum* mengalami stres oksidatif yang berhubungan dengan ketersediaan air dan hara. Stres oksidatif terbukti menurunkan kadar klorofil melalui penghambatan aktivitas enzim yang terlibat dalam sintesis klorofil (Aarti *et al.*, 2006). Bagaimanapun stres tersebut tidak sampai berdampak signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif yang terindikasi dari luas daun (Gambar 6).

Hasil penelitian ini menunjukkan suplai oksigen yang cukup pada daerah perakaran menjadi faktor kritis pertumbuhan stek batang *T. paniculatum* dibandingkan kadar klorofil, meskipun kadar klorofil berelasi dengan potensial fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Buajan *et al.*, 2018). Pada kondisi basah yaitu pada kultur berbasis air, difusi oksigen ke sistem akar diasumsikan sebagai faktor pembatas untuk respirasi akar, pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Veen, 1989). Beberapa hasil penelitian telah dilakukan dan terbukti bahwa tanaman dapat menggunakan beberapa cara mempertahankan tingkat oksidasi di akar yang cukup untuk pertumbuhan aktivitas seluruh tanaman (Hopkins *et al.*, 1950). Kondisi anoksia pada perakaran menyebabkan gangguan fisiologis yang panjang, dimana akar akan berhenti tumbuh kemudian terjadi gangguan penyerapan unsur hara dan pertumbuhan vegetatif atas (Hopkins *et al.*, 1950). Bagaimanapun, terdapat perbedaan sensitivitas antar spesies tanaman terhadap kekurangan oksigen di daerah perakaran (Yu *et al.*, 1969). Pada

akhirnya penelitian ini merekomendasikan sistem aeroponik adalah sistem terpilih untuk pertumbuhan daun stek batang *T. paniculatum*.

KESIMPULAN

Perbedaan pola penghantaran nutrisi pada ketiga sistem uji berdampak pada luas daun dan kadar klorofil stek batang ginseng jawa. Suplai oksigen yang cukup pada daerah perakaran menjadi faktor kritis pertumbuhan daun stek batang ginseng jawa dibandingkan kadar klorofil, sehingga pertumbuhan daun terbaik diperoleh pada sistem aeroponik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aarti, P. D., Tanaka, R., & Tanaka, A. (2006). Effects of oxidative stress on chlorophyll biosynthesis in cucumber (*Cucumis sativus*) cotyledons. *Physiologia Plantarum*, 128(1). <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00720.x>
- Abeyasinghe, D. C., Wijerathne, S. M. N. K., & Dharmadasa, R. M. (2014). Secondary Metabolites Contents and Antioxidant Capacities of *Acmella Oleraceae* Grown under Different Growing Systems. *World Journal of Agricultural Research*, 2(4), 163–167. <https://doi.org/10.12691/wjar-2-4-5>
- Buajan, S., Liu, J., He, Z., & Feng, X. (2018). Effect of gap sizes on specific leaf area and Chlorophyll contents at the Castanopsis kawakamii Natural Reserve Forest, China. *Forests*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/f9110682>
- Frasetya, B., Harisman, K., & Ramdaniah, N. A. H. (2021). The effect of hydroponics systems on the growth of lettuce. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1098, 042115. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1098/4/042115>
- Frasetya, B., Taofik, A., & Sholehah, M.

- (2019). The evaluation of various nutrient formulation on the growth of lettuce (*Lactuca sativa* Var. Arista) in hydroponic raft system at tropic region. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033025>
- Gontier, E., Clément, A., Tran, T. L. M., Gravot, A., Lièvre, K., Guckert, A., & Bourgaud, F. (2002). Hydroponic combined with natural or forced root permeabilization: A promising technique for plant secondary metabolite production. *Plant Science*, 163(4), 723–732. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00171-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00171-1)
- Hopkins, H. T., Specht, A. W., & Hendricks, S. B. (1950). Growth and Nutrient Accumulation as Controlled by Oxygen Supply to Plant Roots. *Plant Physiology*, 25(2). <https://doi.org/10.1104/pp.25.2.193>
- Lemonte, J. J., Jolley, V. D., Summerhays, J. S., Terry, R. E., & Hopkins, B. G. (2016). *Polymer Coated Urea in Turfgrass Maintains Vigor and Mitigates Nitrogen's Environmental Impacts*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146761>
- Lestario, L. N., Christian, A. E., & Martono, Y. (2009). Antioxidant Activity of Javanese Ginseng (*Talinum paniculatum* Gaertn) Leaves. *Agritech*, 29(2), 71–78. <https://doi.org/10.22146/agritech.9766>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Ramos, M. P. O., Silva, G. D. D. F., Duarte, L. P., Peres, V., Miranda, R. R. S., De Souza, G. H. B., Belinelo, V. J., & Filho, S. A. V. (2010). Antinociceptive and edematogenic activity and chemical constituents of *Talinum paniculatum* Willd. *J. Chem. Pharm. Res*, 2(6), 265–274. <http://www.jocpr.com/articles/antinociceptive-and-edematogenic-activity-and-chemical-constituents-of-talinum-paniculatum-willd.pdf>
- Sankhalkar, S., Komarpant, R., Dessai, T. R., Simoes, J., & Sharma, S. (2019). Effects of Soil and Soil-Less Culture on Morphology, Physiology and Biochemical Studies of Vegetable Plants. *Current Agriculture Research Journal*, 7(2), 181–188. <https://doi.org/10.12944/CARJ.7.2.06>
- Sardare, M. ., & Admane, S. . (2015). A Review on Plant Without Soil - Hydroponics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 02(03), 299–304. <https://doi.org/10.15623/ijret.2013.0203013>
- Thanamool, C., Papirom, P., Chanlun, S., & Kupittayanant, S. (2013). *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gertn: A medicinal plant with potential estrogenic activity in ovariectomized rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 478–485.
- Tunio, M. H., Gao, J., Qureshi, W. A., Sheikh, S. A., Chen, J., Chandio, F. A., Lakhari, I. A., & Solangi, K. A. (2022). Effects of droplet size and spray interval on root-to-shoot ratio, photosynthesis efficiency, and nutritional quality of aeroponically grown butter head lettuce. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 15(1). <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20221501.6725>
- Veen, B. W. (1989). Influence of oxygen deficiency on growth and function of plant roots. In B. . Lougham, O.

- Gašparíková, & J. Kolek (Eds.), *Developments in Plant and Soil Sciences* (Structural, Vol. 36, pp. 223–230). Springer. <https://doi.org/10.1007/BF02139950>
- Wahome, P. K., Oseni, T. O., Masarirambi, M. T., & Shongwe, V. D. (2011). Effects of Different Hydroponics Systems and Growing Media on the Vegetative Growth, Yield and Cut Flower Quality of *Gypsophila* (*Gypsophila paniculata* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(6), 692–698.
- Warjoto, R. E., Barus, T., & Mulyawan, J. (2020). Pengaruh Media Tanam Hidroponik terhadap Pertumbuhan Bayam (*Amaranthus* sp.) dan Selada (*Lactuca sativa*). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2). <https://doi.org/10.25181/jppt.v20i2.1610>
- Wintermans, J. F. G. M., & De Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. *BBA - Biophysics Including Photosynthesis*, 109(2). [https://doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](https://doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)
- Yachya, A., Manuhara, Y. S. W., & Novi, A. (2020). Impact of IBA and Ethephon Combination on Root Biomass Production of Javanese Ginseng (*Talinum paniculatum* Gaertn.) Cuttings under Aeroponic System. *Sysrevfarm*, 11(7), 507–514.
- Yu, P. T., Stolzy, L. H., & Letey, J. (1969). Survival of Plants under Prolonged Flooded Conditions 1. *Agronomy Journal*, 61(6). <https://doi.org/10.2134/agronj1969.00021962006100060005x>