

Peranan Sirkulasi dan Konsentrasi Nutrisi pada Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L) dalam otomatisasi Hidroponik Sistem NFT (Nutrient Film Technique)

Aniek Iriany^{1*}, Muhidin¹, Machmudi¹, Farusa Anggita Risyawal Farahdina², Muhammad Arfitroh Riyadin¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Jalan Raya Tlogomas 246 Malang 65143, Jawa Timur, Indonesia

²Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jalan Veteran Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia

*Email korespondensi: aniekiriany@umm.ac.id

Abstrak

Teknologi hidroponik adalah solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian dengan hasil produksi yang tinggi dan berkualitas. Unsur hara makro dan mikro adalah elemen yang berguna untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kelebihan penyerapan unsur-unsur yang berkontribusi sedikit terhadap produktivitas dan kualitas tanaman dapat dihindari, dan biaya pupuk dapat diminimalkan dengan menerapkan unsur-unsur secara kuantitatif ke dalam larutan nutrisi yang diberikan ke tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui formula nutrisi dengan hara makro dan mikro pada tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dengan ukuran tanaman yang diinginkan, sehingga pengelolaan pemupukan bisa didapatkan. Penelitian menggunakan perlakuan beberapa taraf konsentrasi nutrisi dan sirkulasi aliran air. Pada 25 hst saat bayam merah dipanen formula konsentrasi nutrisi yang menunjukkan hasil paling tinggi adalah 311 mg/l-1 nitrogen, 76 mg/l-1 fosfor, 349 mg/l-1 kalium, 286 mg/l-1 kalsium, 157 mg/l-1 magnesium, 248 mg/l-1 sulfur, 7 mg/l-1 besi, 2,9 mg/l-1 mangan, 0,6 mg/l-1 seng, 0,6 mg/l-1 boron, 0,1 mg/l-1 tembaga, 0,06 mg/l-1 molibdenum. Perhitungan ini adalah konsentrasi yang layak untuk digunakan sebagai referensi pengelolaan unsur hara hidroponik berkelanjutan.

Kata kunci: konsentrasi nutrisi, bayam merah, hidroponik, sistem NFT

Abstract

*Hydroponic technology is a solution to overcome the limitations of agricultural land with high production and quality. Macro and micro nutrients are elements that are useful for plant growth and development. Over-absorption of elements that contribute little to crop productivity and quality can be avoided, and fertilizer costs can be minimized by applying elements quantitatively to the nutrient solution supplied to plants. The purpose of this study was to determine the nutritional formula with macro and micro nutrients in red spinach (*Amaranthus tricolor* L.) with*

the desired plant size, so that fertilization management can be obtained. The research used several levels of nutrient concentration and circulation of water flow. At 25 hst when red spinach was harvested the nutrient concentration formula that showed the highest yield was 311 mg/l-1 nitrogen, 76 mg/l-1 phosphorus, 349 mg/l-1 potassium, 286 mg/l-1 calcium, 157 mg /l-1 magnesium, 248 mg/l-1 sulfur, 7 mg/l-1 iron, 2.9 mg/l-1 manganese, 0.6 mg/l-1 zinc, 0.6 mg/l-1 boron, 0.1 mg/l-1 copper, 0.06 mg/l-1 molybdenum. This calculation is a proper concentration to be used as a reference for sustainable hydroponic nutrient management.

Keywords: *nutrient concentration, red spinach, hydroponics, NFT system*

Pendahuluan

Meningkatnya polulasi penduduk bersamaan dengan urbanisasi ke kota-kota besar menjadikan ini sebagai faktor meningkatnya alih fungsi lahan pertanian di daerah perkotaan menjadi pemukiman, pusat perdagangan, perkantoran, dan infrastruktur kota lainnya. Lahan pertanian yang terbatas dan harga lahan yang tinggi mendorong berkembangnya teknologi hidroponik sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian namun tetap dapat mendapatkan hasil produksi yang tinggi dibandingkan dengan budidaya secara konvensional (Qurrohman, dkk, 2019). Penanaman media tanpa tanah dapat menjadi solusi yang baik untuk pertanian modern. Salah satu teknik penanaman tanpa tanah adalah teknik tanam hidroponik. Penggunaan teknologi hidroponik oleh masyarakat di perkotaan berdampak positif terutama terhadap ketahanan pangan, ketersediaan pangan, terbentuknya berbagai komunitas hidroponik yang membuat hubungan sosial semakin baik, sebagai sumber pendapatan masyarakat, lingkungan menjadi indah dan lebih hijau (Angotti, 2015).

Sistem NFT merupakan singkatan dari *System Nutrient Film Technique* yang menggunakan teknik hidroponik dengan cara mengalirkan aliran nutrisi keperakaran pada tanamandengan tinggi ± 3 mm. Sistem NFT umumnya di dirakit dengan menggunakan pipa PVC ataupun talang air dan menggunakan pompa yang ditenagai listrik yang berfungsi untuk menjalankan sirkulasi air maupun nutrisi. Faktor yang terpenting dalam system NFT yaitu terletak dikemiringan tempat mengalirnya air maupun nutrisi dan juga kecepatan aliran nutrisi, penggunaan pada sistem ini membuat perakaran tanaman menjadi mudah untuk dikendalikan dan memudahkan penyerapan nutrisi pada tanaman. (Sari et al., 2016).

Smart Farming merupakan metode pertanian cerdas berbasis teknologi, teknologi seperti internet of things (IOT) dengan menggunakan sensor pertanian yang canggih dan dimasukkan ke dalam sistem smart farming maka menghasilkan proses

pemantauan yang dapat melalui aplikasi dan proses pengendalian sistem hidroponik secara real-time, dengan adanya system smart farming dapat membantu mengetahui jumlah yang dibutuhkan dalam pertanian seperti jumlah air, lama aliran bisa disesuaikan dengan kebutuhan dan bisa diatur secara otomatis waktu lama alirannya, jumlah nutrisi yang dibutuhkan dapat diketahui dengan menggunakan system smart farming, sehingga tidak berlebihan menggunakan sumberdaya atau biaya, karena kita sudah lebih dahulu mengetahui kebutuhan ekonomisnya. Smart farming juga memberikan data pertanian lebih akurat, karena data informasi didapatkan secara real-time melalui sensor yang telah di pasang dan langsung di input kedalam web seperti thingspeak (Wolfert et al., 2017).

Lama aliran air berpengaruh terhadap sirkulasi nutrisi, apabila sirkulasinya baik maka penyerapan unsurnya juga baik. Kecepatan nutrisi didapatkan dari debit lama aliran air yang berbeda. Kecepatan aliran air berpengaruh juga terhadap penyerapan nutrisi. Kecepatan aliran air yang sesuai dapat membuat penyerapan nutrisi menjadi optimal. Penyerapan nutrisi yang baik akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, sehingga perlakuan lama aliran air yang berbeda akan menghasilkan pengaruh pertumbuhan tanaman yang berbeda juga (Maulido et al., 2016).

Ada banyak jenis bayam yang tersedia di pasaran saat ini, bayam daun yang berukuran kecil, seperti bayam malabar yang disajikan langsung dan segar sebagai salad untuk makan siang dan makan malam saat ini ditanam dengan metode hidroponik secara besar-besaran. Bayam hijau dan merah (*Amaranthus tricolor*) populer di negara-negara ASEAN untuk membuat sup, sayur goreng, dan mie atau bihon goreng. Bisa juga dipotong kecil-kecil dan dicampur dengan mentimun dan sayuran lainnya untuk disajikan sebagai salad segar saat makan siang dan makan malam. *Amaranthus tricolor* L biasanya tumbuh di tanah dan memiliki ukuran daun yang lebih besar dari pada daun bayam hijau. Namun, saat ini semakin populer untuk menanamnya secara hidroponik, yang lebih efisien dan lebih mudah dalam pengelolaannya. Bayam cukup bergizi mengandung protein, lemak, asam askorbat, kelembaban dan karbohidrat. Ini juga mengandung beberapa vitamin termasuk vitamin A, B, C dan K. Warna ungu kemerahan disebabkan adanya antosianin yang merupakan antioksidan. Bayam juga mengandung mineral penting seperti K, Ca, Mg, Fe, P yang berguna untuk kesehatan (Shariff et al., 2020).

Larutan nutrisi adalah salah satu faktor terpenting pada pertumbuhan dan kualitas dari hasil tanaman hidroponik. Nutrisi yang digunakan berlebihan dapat membuat pertumbuhan pada tanaman terhambat, begitu juga dengan kurangnya kadar

larutan nutrisi yang dapat menyebabkan layu dan mati pada tanaman (Indrianasari & Suparti 2016). Larutan nutrisi yang umum digunakan untuk tanaman hidponik yaitu nutrisi A dan juga nutrisi B yang dapat dicampur kedalam air dan menjadi nutrisi yang di namakan AB mix. Nutrisi A mempunyai unsur seperti kalsium nitrat, kalium nitrat, dan Fe, pada nutrisi B memiliki kandungan, $MgSO_4$, natriummolybdat, asam borat, K_2SO_4 , $ZnSO_4$, dan monopotasium fosfat (Rizal, 2017).

Nutrisi yang dibutuhkan pada suatu tanaman pada umumnya merupakan bagian unsur-unsur hara, umum unsur hara yang terdapat pada nutrisi terdapat dua jenis yaitu unsur hara makro dan mikro. Pada unsur hara makro umumnya diserap dalam jumlah besar pada tanaman dan unsur hara mikro diserap dalam jumlah kecil, keberadaan unsur hara mikro sangatlah penting meskipun diserap dalam jumlah kecil. Unsur hara mikro memiliki fungsi sebagai penyusun vitamin dan enzim, unsur hara makro berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan, protein dan mensintesa asam amino, merangsang pertumbuhan biji dan akar, merangsang pembelahan sel pada tanaman, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit dan memperkuat batang pada tanaman. Unsur hara makro sendiri terdiri dari N (Nitrogen), (P) Fosfor, (K) Kalium dan unsur hara makro berikutnya yaitu (Mg) Magnesium, (Ca) Kalsium, (S) Belerang atau sulfur untuk mikro terdiri atas , (Si) Silicone, (Cu) Tembaga, (Zn) yaitu Seng atau Zinc, (Cl) Klor, (B) Boron, (Fe) yaitu Besi atau ferro, (Ni) Nikel, (Mo) Molybdenum, (Mn) Mangan, (Na) Natrium, (Co) Cobalt (Hidayanti & Kartika, 2019).

Bahan dan Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa air, pipa paralon, timbangan analitik, penggaris, net pot, kran, pipa selang, pH meter, EC meter, SPAD meter, gelas ukur 100 ml, beaker glass 1000 ml, pengaduk, bak nutrisi, dan gergaji besi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) benih pertiwi, nutrisi pupuk AB mix, KNO_3 , $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, KH_2PO_4 , $Ca(NO_3)_2$, $MgSO_4$, $MnSO_4$, FE EDTA, $ZnSO_4$, H_3BO_3 , $CuSO_4$, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, rockwool, dan air.

Rancangan percobaan dan analisis data

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini ada rancangan percobaan RAK faktorial. Perlakuan ini terdiri dari 2 faktor, yaitu faktor N (Konsentrasi) terdiri dari 5 taraf yaitu N1 (500mg/l-1 nitrogen, 80 mg/l-1 fosfor, 250 mg/l-1 kalium, 150 mg/l-1 kalsium, 100 mg/l-1 magnesium, 55 mg/l-1 sulfur, 2 mg/l-1 besi, 1 mg/l-1 mangan, 0,3 mg/l-1 seng, 2 mg/l-1 boron, 0,1 mg/l-1 tembaga, 0,001 mg/l-1 molibdenum, 3 mg/l-1 klorin); N2 (350mg/l-1 nitrogen, 60 mg/l-1 fosfor, 300 mg/l-1 kalium, 185 mg/l-1

kalsium, 50 mg/l-1 magnesium, 68 mg/l-1 sulfur, 12 mg/l-1 besi, 2 mg/l-1 mangan, 0,1 mg/l-1 seng, 0,3 mg/l-1 boron, 0,1 mg/l-1 tembaga, 0,2 mg/l-1 molibdenum); N3 (311 mg/l-1 nitrogen, 76 mg/l-1 fosfor, 349 mg/l-1 kalium, 286 mg/l-1 kalsium, 157 mg/l-1 magnesium, 248 mg/l-1 sulfur, 7 mg/l-1 besi, 2,9 mg/l-1 mangan, 0,6 mg/l-1 seng, 0,6 mg/l-1 boron, 0,1 mg/l-1 tembaga, 0,06 mg/l-1 molibdenum); N4 (168. mg/l-1 nitrogen, 100 mg/l-1 fosfor, 273 mg/l-1 kalium, 180 mg/l-1 kalsium, 48 mg/l-1 magnesium, 336 mg/l-1 sulfur, 4 mg/l-1 besi, 0,62 mg/l-1 mangan, 0,11 mg/l-1 seng, 0,44 mg/l-1 boron, 0,02 mg/l-1 tembaga). Faktor kedua adalah T (lama aliran air) terdiri dari 3 taraf yaitu T1 (aliran dibuka 15 menit ditutup 30 menit), T2 (aliran dibuka 15 menit ditutup 45 menit) dan T3 (aliran dibuka 15 menit ditutup 60 menit). Dua perlakuan yaitu N dan T sejumlah 15 perlakuan, masing- masing perlakuan diulang 2 kali. Data yang diamati dianalisis dengan uji F dan diuji lanjut DMRT dengan taraf 5%.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Sirkulasi dan Konsentrasi Nutrisi pada Pertumbuhan Tanaman Bayam

Tanaman bayam merah pada sistem NFT hidroponik yang dianalisis statistik menunjukkan konsentrasi nutrisi memberikan pengaruh nyata pada tinggi tanaman umur 10-25 hst. Interaksi antara konsentrasi nutrisi dan sirkulasi aliran air tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman bayam merah. Konsentrasi nutrisi berbeda nyata dengan kontrol, bayam merah memiliki tinggi tanaman paling tinggi 46,84 pada 25hst pada konsentrasi nutrisi 3 (Tabel 1.).

Tabel 1. Rerata tinggi tanaman bayam merah terhadap Konsentrasi nutrisi dan sirkulasi aliran air

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)				
	Pengamatan ke-				
	5	10	15	20	25
Komposisi Nutrisi	HST	HST	HST	HST	HST
Konsentrasi Nutrisi 1	6,50 a	10,27 a	16,79 b	20,29 b	27,94 b
Konsentrasi Nutrisi 2	7,11 a	11,02 b	16,81 b	20,10 b	24,91 b
Konsentrasi Nutrisi 3	7,50 a	12,87 b	22,23 b	27,99 b	46,84 c
Konsentrasi Nutrisi 4	6,66 a	11,08 b	19,89 b	23,29 b	27,07 b
Kontrol	7,35 a	7,17 a	8,85 a	9,63 a	10,49 a
sirkulasi aliran air					
Aliran dibuka 15 menit dan	6,82 a	10,41 a	16,75 a	20,01 a	27,20 a

ditutup 30 menit					
Aliran dibuka 15 menit dan ditutup 45 menit	7,26 a	9,95 a	16,16 a	19,24 a	26,09 a
Aliran dibuka 15 menit dan ditutup 60 menit	6,99 a	11,08 a	17,83 a	21,53 a	29,06 a

Keterangan Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom di tiap peubah pengamatan menandakan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT (Duncan Multiple Range Test) taraf uji 5%.

Pada hidroponik system NFT aplikasi perlakuan konsentrasi nutrisi dan sirkulasi air tidak berpengaruh nyata pada jumlah daun tanaman bayam merah. Pengaruh nyata ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi nutrisi umur 10-25 hst. Pada 25 hst jumlah daun paling tinggi ditunjukkan pada konsentrasi nutrisi 3 (Tabel 2.). Produksi tanaman dengan hidroponik meningkatkan kualitas dan produktivitas tanaman, yang menghasilkan daya saing dan pendapatan ekonomi yang lebih tinggi. Komposisi nutrisi menentukan konduktivitas listrik dan potensi osmotik larutan (Trejo-Téllez & Gómez-Merino, 2012).

Tabel 2. Rerata jumlah daun tanaman bayam merah terhadap Konsentrasi nutrisi dan sirkulasi aliran air

Perlakuan	Jumlah daun (helai)				
	Pengamatan ke-				
Konsentrasi Nutrisi	5 HST	10 HST	15 HST	20 HST	25 HST
Konsentrasi Nutrisi 1	4,80 a	5,93 a	8,15 b	9,67 b	12,09 b
Konsentrasi Nutrisi 2	4,50 a	6,06 b	9,39 b	10,91 b	11,61 b
Konsentrasi Nutrisi 3	4,54 a	7,87 b	11,11 b	13,41 b	21,30 c
Konsentrasi Nutrisi 4	4,50 a	6,24 b	9,48 b	11,59 b	9,89 b
Kontrol	4,56 a	5,83 a	4,28 a	4,30 a	4,52 a
sirkulasi aliran air					
Aliran dibuka 15 menit dan ditutup 30 menit	4,67 a	6,67 a	8,21 a	9,13 a	11,49 a
Aliran dibuka 15 menit dan ditutup 45 menit	4,58 a	6,23 a	8,37 a	10,40 a	12,17 a
Aliran dibuka 15 menit dan ditutup 60 menit	4,49 a	6,26 a	8,87 a	10,39 a	11,99 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom di tiap peubah pengamatan menandakan bahwa tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT (Duncan Multiple Range Test) taraf uji 5%

Konsentrasi nutrisi memberikan dampak pada pertumbuhan tanaman bayam pada system NFT hidroponik (Rukmi et al., 2018). Bayam tumbuh dan berkembang pesat, dan mencapai ukuran pasar yang diinginkan hanya dalam 12-15 hari setelah ditransplantasikan ke sistem hidroponik dengan jumlah makronutrien yang dibutuhkan per tanaman (90 gram dalam berat segar) ditentukan sebagai berikut: 191 mg N, 31 mg P, 345 mg K, 34 mg Ca, 38 mg Mg, dan 13 mg S (Maneejantra et al., 2016). Konsentrasi nutrisi 3 masih diatas dari konsentrasi nutrisi pada penelitian sebelumnya, namun hasil menunjukkan perbedaan sangat nyata. Tumbuhan memanfaatkan nitrogen sebagai komponen protein, asam nukleat, nukleotida, dan koenzim, antara lain untuk aktivitas enzim sebagai kofaktor, dan juga berperan dalam elektronetralitas seluler, fotosintesis, transportasi air dan zat terlarut, dan osmoregulasi (Resh, 2016).

Pengaruh Sirkulasi dan Konsentrasi Nutrisi pada Hasil Tanaman Bayam

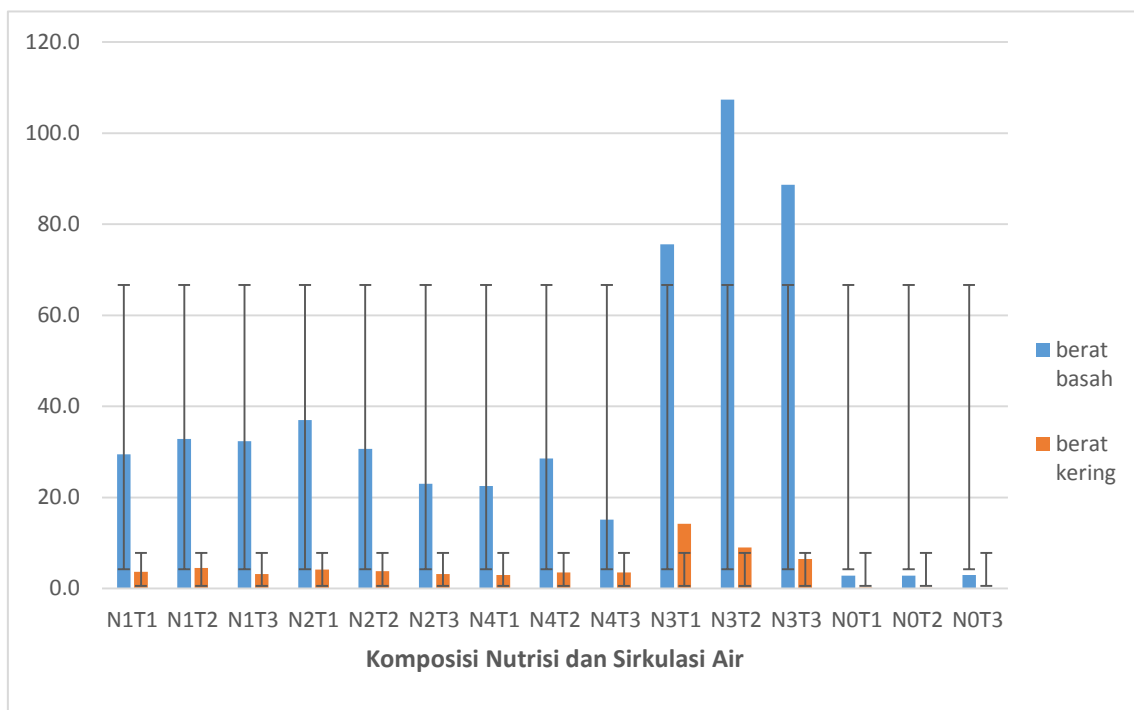
Hasil tanaman bayam diamati dengan mengukur diameter batang kandungan klorofil serta panjang akar. Diameter batang, kandungan klorofil dan Panjang akar tanaman bayam merah menunjukkan hasil paling tinggi adalah pada perlakuan pemberian nutrisi. Diameter batang dan kandungan klorofil paling tinggi pada perlakuan konsentrasi nutrisi 3, sedangkan panjang akar menunjukkan hasil paling tinggi pada konsentrasi nutrisi 4 (Tabel 3.). Penyerapan unsur makro digunakan untuk aktivitas metabolisme pada tanaman dan berbagai proses seperti pengembangan dinding sel tanaman, fotosintesis, aktivitas respirasi pembentukan klorofil, aktivitas enzim, sintesis hormon, fiksasi nitrogen dan aktivitas reduksi. Mikronutrien berfungsi meningkatkan kualitas dan hasil tanaman (Johnson & Mirza, 2020).

Tabel 3. Rerata diameter batang (cm), klorofil dan panjang akar tanaman bayam merah pada berbagai konsentrasi nutrisi dan sirkulasi air

diameter			
perlakuan	batang	klorofil	panjang akar
N1T1	6,2	20,6	30,0
N1T2	6,9	22,4	27,6
N1T3	6,4	23,2	22,1
N2T1	6,7	26,5	25,1
N2T2	6,4	26,4	24,6

N2T3	5,2	26,4	23,5
N4T1	5,6	17,8	28,2
N4T2	6,6	19,8	34,8
N4T3	4,3	21,3	30,3
N3T1	17,8	29,0	21,4
N3T2	14,1	28,0	21,1
N3T3	12,0	27,4	23,0
N0T1	1,9	9,8	12,6
N0T2	1,9	8,5	12,6
N0T3	1,7	7,4	9,1

Tujuan membandingkan berat basah dan berat kering tanaman bayam adalah melihat metabolit tanaman. Pada (Gambar 1.) berat basah tanaman paling tinggi ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi nutrisi 3 dengan sirkulasi air 2, berat kering paling tinggi pada perlakuan konsentrasi nutrisi 3 dengan sirkulasi air 1.



Gambar 1. Berat basah dan kering tanaman bayam pada komposisi nutrisi dan sirkulasi air yang berbeda

Unsur penting memiliki peran fisiologis yang jelas dan mencegah siklus hidup tanaman yang tidak lengkap, saat ini ada 17 unsur yang dianggap penting bagi sebagian besar tumbuhan, yaitu karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium,

magnesium, belerang, besi, tembaga, seng, mangan, molibdenum, boron, klor, dan nikel (Alcántar González et al., 2012; Trejo-Téllez & Gómez-Merino, 2012). Defisiensi salah satu unsur hara ini dapat menyebabkan cacat pada pertumbuhan tanaman dan penurunan produktivitas. Interaksi biologis antara unsur hara tidak hanya menunjukkan jalur interaksi satu sama lain tetapi juga mempengaruhi jalur hara lain, sebagai contoh respons kekurangan fosfat yang bertindak sebagai pengatur utama homeostasis N, P, S, Fe, dan Zn dapat meningkatkan efisiensi penggunaan hara untuk peningkatan kualitas tanaman (Kumar et al., 2021).

Kesimpulan dan Saran

Komponen mendasar dalam sistem hidroponik diwakili oleh larutan nutrisi. Kontrol konsentrasi larutan nutrisi yang akurat ke tanaman merupakan keuntungan utama dari budidaya tanpa tanah. Nutrisi yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman bayam adalah kombinasi konsentrasi nutrisi makro dan mikro 311 mg/l-1 nitrogen, 76 mg/l-1 fosfor, 349 mg/l-1 kalium, 286 mg/l-1 kalsium, 157 mg/l-1 magnesium, 248 mg/l-1 sulfur, 7 mg/l-1 besi, 2,9 mg/l-1 mangan, 0,6 mg/l-1 seng, 0,6 mg/l-1 boron, 0,1 mg/l-1 tembaga, 0,06 mg/l-1 molibdenum.

Prospek hidroponik dapat meningkat jika bertambahnya penelitian mendalam mengenai budidaya system NFT hidroponik serta pemerintah merancang kebijakan publik yang mendukung subsidi untuk sistem produksi tersebut. Selain manfaat ekonomi, hidroponik menyiratkan konservasi air, kogenerasi energi, lapangan kerja yang menghasilkan pendapatan dan meningkatkan kesejahteraan serta kualitas hidup.

Daftar Pustaka

- Alcántar González, G., Trejo-Téllez, L. I., Fernández-Pavía, L., & Rodríguez-Mendoza, M. de las N. (2012). Elementos esenciales. *Nutrición de Cultivos*, 7–47. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n3/v34n3a4.pdf>
- Angotti, T. (2015). Urban agriculture: Long-term strategy or impossible dream?. Lessons from prospect farm in brooklyn, New York. *Public Health*, 129(4), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2014.12.008>
- Hidayanti, L., & Kartika, T. (2019). Pengaruh Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) secara Hidroponik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(2), 166. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v16i2.3214>
- Indrianasari, Y. & Suparti, M. (2016). *Pertumbuhan Tanaman Selada (Lactuca Sativa L.) Secara Hidroponik Pada Media Pupuk Organik Cair Dari Kotoran Kambing Dan*

Kotoran Kelinci.

- Johnson, V. J., & Mirza, A. (2020). Role of Macro and Micronutrients in the Growth and Development of Plants. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 9(11), 576–587. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.911.071>
- Kumar, S., Kumar, S., & Mohapatra, T. (2021). Interaction Between Macro- and Micro-Nutrients in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.665583>
- Maneejantra, N., Tsukagoshi, S., Lu, N., Supaibulwatana, K., Takagaki, M., & Yamori, W. (2016). A Quantitative Analysis of Nutrient Requirements for Hydroponic Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Production Under Artificial Light in a Plant Factory. *Journal of Fertilizers & Pesticides*, 7(12). <https://doi.org/10.4172/2471-2728.1000170>
- Maulido, R. N., Oktavianus, L. T., & Sjarif, A. A. (2016). Effect of Pipe Slope on Growth and Production of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in NFT Hydroponic System. *Jurnal Agronida*, 2(2), 62–68.
- Qurrohman, B. F. T. (2019). Bertanam Selada Hidroponik Konsep Dan Aplikasi. In B. F. T. Qurrohman & Desain (Eds.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung.
- Resh, H. M. (2016). Hydroponic Food Production. *Hydroponic Food Production*. <https://doi.org/10.1201/B12500/HYDROPONIC-FOOD-PRODUCTION-HOWARD-RESH>
- Rizal, S. (2017). pengaruh nutrisi terhadap pertumbuhan tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang di tanam secara hidroponik. *Sainmatika*, 14(1), 38–44.
- Rukmi, S. S., Aiyen, A., & Rauf, A. (2018). Growth of Spinach (*Amaranthus Tricolor* L.) Under Various Applications of Nutrient Concentrations in Hydroponic System of Nutrient Film Technique. *AGROLAND: The Agricultural Sciences Journal*, 4(2), 75. <https://doi.org/10.22487/j24077593.2017.v4.i2.9542>
- Sari, Kitty, E., Dwiranti, Y., & Astari. (2016). Sistem Hidroponik Nutrient Film Technique (NFT) Dan Wick Pada Penanaman Bayam Merah. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, 1(2), 2460–8777.
- Shariff, I., Dwiratna, S., & Yamin, B. M. (2020). Crystallography in agriculture: Green and red spinach (*Amaranthus tricolor*) grown on soil and hydroponic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 443(1), 443. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012021>
- Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F. C. (2012). Nutrient Solutions for Hydroponic

Systems. In D. T. Asao (Ed.), *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*. InTech. <https://doi.org/10.5772/37578>

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>