

## **Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sayuran Daun yang Dibudidayakan secara Hidroponik dengan Cekaman Hara Makro**

### ***Growth and Yield of Leaf Vegetable Crops Cultivated Hydroponically with Macro-Nutrient Stresses***

Yohanes Bayu Suharto<sup>1,4</sup>, Herry Suhardiyanto<sup>2,\*</sup>, Anas Dinurrohman Susila<sup>3</sup>, Supriyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB University, Bogor, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Pembangunan Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

\*Penulis korespondensi, email: herrysuhardiyanto@apps.ipb.ac.id

### **ABSTRACT**

*Macro-nutrient stress, such as nitrogen, phosphorus, and potassium, can cause disturbances in plant physiological processes that affect plant growth, productivity, and yield quality. This study aimed to analyze the effect of macro-nutrient stress on the growth and yield of leaf vegetable crops cultivated hydroponically. Pakcoy mustard (*Brassica rapa* var. *chinensis*) and romaine lettuce (*Lactuca sativa* var. *romana*) crops were cultivated in a greenhouse with a nutrient film technique (NFT) hydroponic system with eight different nutrient concentration treatments i.e. control, -N, -P, -K, 0%, 50%, 150%, and 200% treatments. Observations were made on growth parameters such as plant height, number of leaves, canopy area, and fresh weight. The results showed that macro-nutrient stress significantly affected plant growth and yield. Nutrient deficiency conditions in the -N, -P, -K, 0%, and 50% treatments resulted in lower plant growth and yield compared to the control treatment in pakcoy and romaine lettuce. The N and 0% nutrient deficiency treatments had the lowest growth and yield in all parameters. Macronutrient deficiencies of N, P, and K can inhibit the growth and reduce the yield of leaf vegetable crops, both pakcoy and romaine lettuce.*

*Keywords: greenhouse, growth and yield, hydroponic, leaf vegetable crop, macro-nutrient stress*

### **Pendahuluan**

Tanaman membutuhkan unsur hara yang cukup untuk dapat tumbuh dan melakukan fungsi fisiologisnya dengan baik (Aleksandrov, 2022; Veazie *et al.*, 2022). Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dibedakan menjadi unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S) serta unsur hara mikro seperti besi (Fe), mangan (Mn), zink (Zn), tembaga (Cu), klorin (Cl), boron (B), dan molibdenum (Mo). Unsur hara makro primer (N, P, dan K) dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar oleh tanaman dibandingkan dengan unsur hara makro sekunder (Ca, Mg, dan S) (Veazie *et al.*, 2022; Talukder & Sarkar, 2023). Unsur hara makro ini menjadi sumber utama bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang tidak dapat digantikan dengan unsur lain. Kondisi cekaman hara makro pada tanaman, terutama hara N, P, dan K dapat

mengganggu proses pertumbuhan tanaman yang menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas hasil tanaman yang dibudidayakan (Barbedo, 2019; Rodrigo, 2020; Kamelia *et al.*, 2020).

Tanaman sayuran daun menjadi salah satu komoditas hortikultura yang memiliki peran penting bagi perekonomian Indonesia. Pada umumnya, budidaya tanaman sayuran daun di dalam *greenhouse* dilakukan dengan menggunakan sistem hidroponik. Meskipun dibudidayakan secara hidroponik di dalam *greenhouse*, cekaman hara akibat defisiensi dan kelebihan hara pada tanaman masih mungkin terjadi (Rodrigo, 2020). Larutan hara menjadi satu-satunya sumber hara bagi tanaman yang dibudidayakan secara hidroponik, sehingga apabila kondisi larutan hara kurang diperhatikan dan penggunaan alat ukur yang tidak standar akan mengakibatkan cekaman hara pada tanaman (Sakamoto *et al.*, 2021). Selain itu, larutan hara yang diserap dan disirkulasikan secara terus menerus dapat menyebabkan kekurangan beberapa unsur hara dan kelebihan unsur lainnya pada larutan hara yang digunakan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh cekaman hara makro terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran daun yang dibudidayakan secara hidroponik.

## **Metodologi**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari – Maret 2024 di *greenhouse* tipe *piggy back* berukuran 6×12 meter dengan sistem hidroponik *nutrient film technique* (NFT), Laboratorium Lapangan Siswadh Soepardjo Leuwikopo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor. Peralatan untuk instrumen pengukuran dalam pengambilan data terdiri atas laptop, kamera digital web (Xiaovv XVV-6320S), *photobox set*, penggaris, timbangan digital, gelas ukur, *EC/TDS* dan *pH meter*, dan seperangkat instalasi hidroponik NFT. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas benih sayuran pakcoy dan selada romaine, nutrisi AB mix, dan *rockwool*.

Tanaman sayuran daun yang dibudidayakan adalah sawi pakcoy (*Brassica rapa* var. *chinensis*) dan selada romaine (*Lactuca sativa* var. *romana*) sebanyak 78 tanaman untuk setiap perlakuan. Tanaman sayuran daun ditanam pada sistem hidroponik NFT dengan jarak tanam 18.5×15 cm. Larutan hara yang digunakan adalah nutrisi AB mix yang diracik berdasarkan larutan standar Hoagland yang dimodifikasi oleh Veazie *et al.* (2022) menjadi 8 perlakuan dengan konsentrasi hara yang berbeda (Tabel 1). Nilai pH larutan hara dijaga pada nilai 5.5 – 7.0. Pengamatan dan pengukuran dilakukan pada 30 sampel tanaman setiap tiga hari sekali mulai umur 3 hari setelah tanam (HST) sampai 30 HST (panen). Parameter pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran daun yang diukur adalah tinggi tanaman, jumlah daun, luas kanopi, dan bobot segar tanaman. Data pertumbuhan dan hasil tanaman selanjutnya dianalisis secara statistik dengan uji *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 23.0 untuk melihat pengaruh perlakuan cekaman hara makro terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran daun.

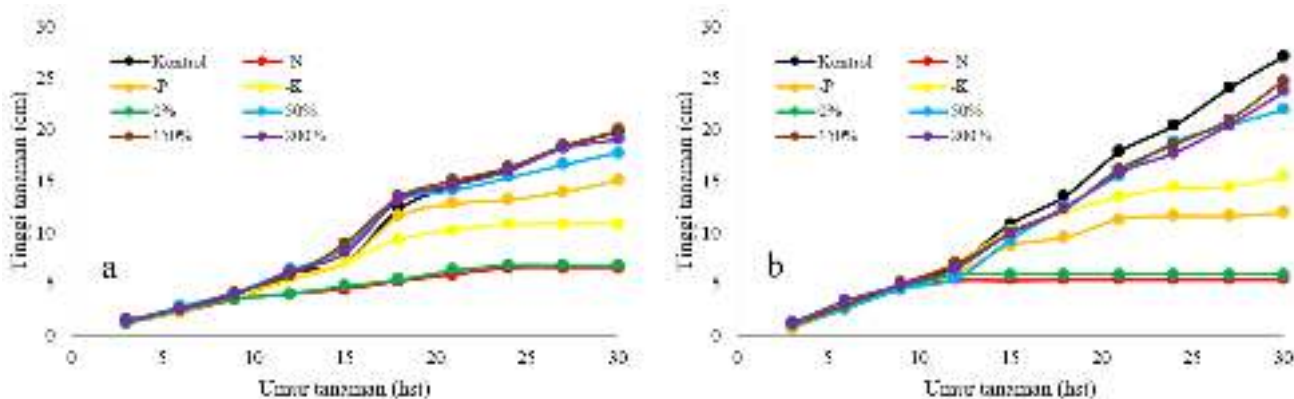
Tabel 1 Perlakuan konsentrasi hara

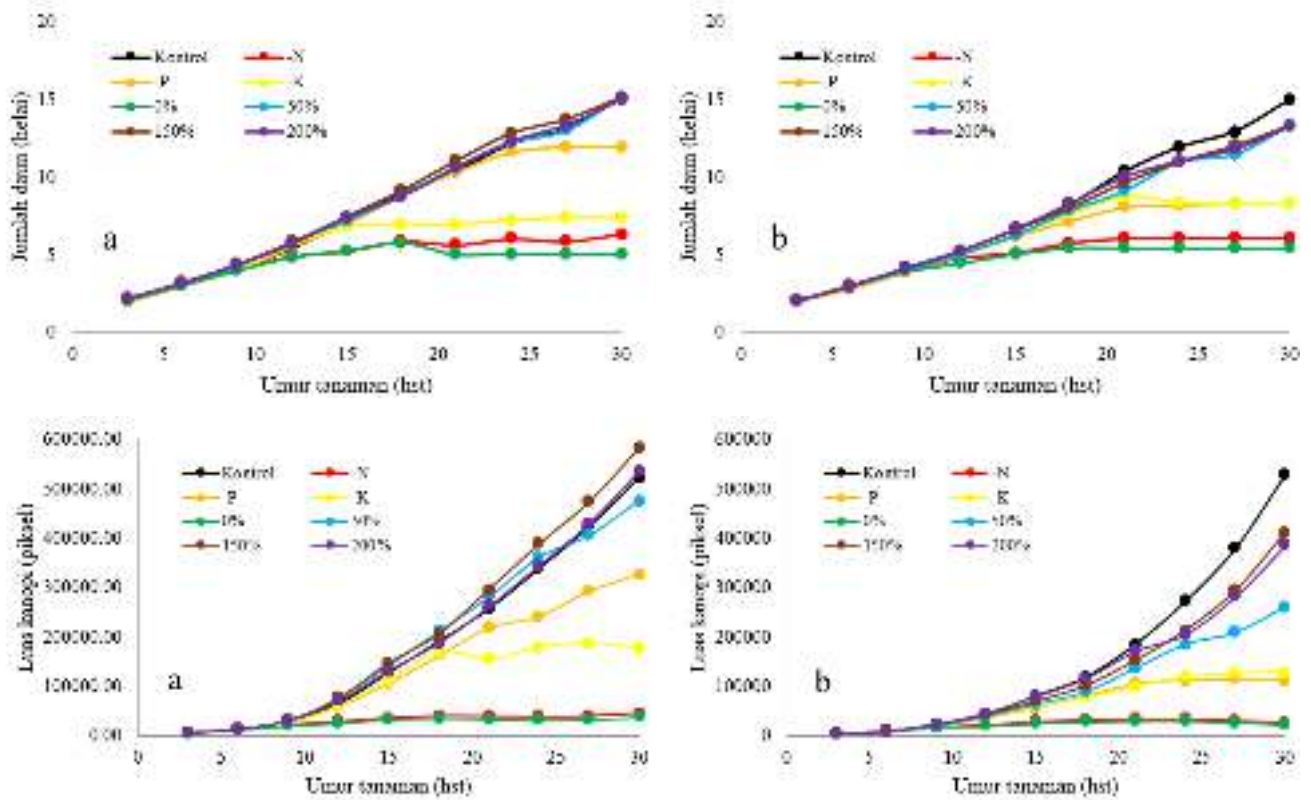
Perlakuan	Konsentrasi Unsur Hara Makro (mg/L)					
	N	P	K	Ca	S	Mg
P1 (kontrol)	150.00	20.00	296.00	75.00	40.00	25.00
P2 (-N)	0.00	20.00	296.00	75.00	40.00	25.00
P3 (-P)	150.00	0.00	296.00	75.00	40.00	25.00
P4 (-K)	150.00	20.00	0.00	75.00	40.00	25.00
P5 (0% kontrol)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P6 (50% kontrol)	75.00	10.00	148.00	37.50	20.00	12.50
P7 (150% kontrol)	225.00	30.00	444.00	112.50	60.00	37.50
P8 (200% kontrol)	300.00	40.00	592.00	150.00	80.00	50.00
Konsentrasi Unsur Hara Mikro (mg/L)						
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Semua Perlakuan	4.02	0.99	0.48	0.49	0.30	0.07

## Hasil dan Pembahasan

### Tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman sayuran daun

Tanaman yang mengalami cekaman hara akan menunjukkan gejala sebagai respon akibat terganggunya proses fisiologis tanaman (Armita *et al.*, 2022). Gejala yang terjadi akibat cekaman hara pada tanaman biasanya ditandai dengan perubahan warna, bentuk dan ukuran daun yang dapat dilihat secara visual (Lu *et al.*, 2023). Tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas kanopi merupakan parameter pertumbuhan tanaman sayuran daun yang dapat digunakan sebagai indikator status hara pada tanaman. Grafik pertumbuhan tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman pakcoy dan selada romaine pada umur 3–30 HST dapat dilihat pada Gambar 1. Pertumbuhan tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi memiliki pola yang sama pada tanaman pakcoy maupun selada romaine. Perlakuan cekaman hara memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap pertumbuhan tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman sayuran daun. Perbedaan tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi akibat cekaman hara makro mulai terlihat pada umur tanaman 12 HST. Sejalan dengan Veazie *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa gejala defisiensi hara N dan K awalnya muncul pada 11 HST dan gejala defisiensi hara P pada 16 HST.





Gambar 1. Tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman sayuran: (a) pakcoy dan (b) selada romaine

Berdasarkan hasil *one-way anova* dan uji lanjut Duncan pada Tabel 2 dan Tabel 3, perlakuan cekaman hara makro memberikan pengaruh yang signifikan pada pertumbuhan tanaman sayuran daun dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada umur tanaman 30 HST. Cekaman defisiensi hara makro menghambat pertumbuhan tanaman pada parameter tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi baik pada tanaman pakcoy maupun selada romaine. Pertumbuhan tanaman pada perlakuan defisiensi hara N terlihat sangat lambat dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan 0% (defisiensi seluruh hara makro) pada parameter tinggi dan luas kanopi tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa unsur hara N menjadi unsur hara yang paling esensial dan dibutuhkan dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan unsur hara makro lainnya bagi pertumbuhan tanaman sayuran daun (Zewide & Melash, 2021). Kekurangan hara N pada tanaman sayuran menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan tidak berkembang (Veazie *et al.*, 2020). Defisiensi hara P dan K juga menghambat pertumbuhan tanaman sayuran daun meskipun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan tanaman dengan cekaman hara N. Selain itu, rerata tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman pakcoy pada perlakuan 50% juga lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Sementara itu, perlakuan hara makro yang berlebih (150% dan 200%) memberikan respon pertumbuhan yang berbeda pada tanaman pakcoy dan selada romaine. Pada tanaman pakcoy, rerata tinggi dan luas kanopi pada perlakuan 150% lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol. Namun, pada perlakuan 200% nilainya tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan kontrol. Sementara itu, rerata tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman selada romaine

pada perlakuan 150% dan 200% lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol. Meskipun begitu, kondisi kelebihan hara pada tanaman sampai 200% tidak menunjukkan gejala yang spesifik pada tanaman sayuran daun, baik pada tanaman pakcoy maupun selada romaine.

Tabel 2. Rerata tinggi tanaman dan jumlah daun sayuran pada umur 30 HST

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)		Jumlah daun (helai)	
	Pakcoy	Selada romaine	Pakcoy	Selada romaine
P1 (kontrol)	19.8 <sup>ef</sup> ±1.4	27.1 <sup>g</sup> ±1.4	15.1 <sup>e</sup> ±1.2	15.0 <sup>f</sup> ±0.8
P2 (-N)	6.6 <sup>a</sup> ±0.7	5.5 <sup>a</sup> ±0.7	6.3 <sup>b</sup> ±0.5	6.0 <sup>b</sup> ±0.2
P3 (-P)	15.1 <sup>c</sup> ±1.4	11.9 <sup>b</sup> ±1.8	12.8 <sup>d</sup> ±1.0	8.0 <sup>c</sup> ±1.0
P4 (-K)	10.8 <sup>b</sup> ±2.1	15.5 <sup>c</sup> ±2.8	6.9 <sup>c</sup> ±0.7	8.4 <sup>c</sup> ±0.9
P5 (0% kontrol)	6.9 <sup>a</sup> ±0.7	6.0 <sup>a</sup> ±0.7	5.2 <sup>a</sup> ±0.5	5.0 <sup>a</sup> ±0.8
P6 (50% kontrol)	17.8 <sup>d</sup> ±1.7	22.0 <sup>d</sup> ±1.7	15.0 <sup>e</sup> ±1.2	12.4 <sup>d</sup> ±0.7
P7 (150% kontrol)	19.9 <sup>f</sup> ±1.5	24.7 <sup>f</sup> ±1.6	15.1 <sup>e</sup> ±1.3	13.3 <sup>e</sup> ±1.4
P8 (200% kontrol)	19.1 <sup>e</sup> ±1.4	23.7 <sup>e</sup> ±1.8	15.0 <sup>e</sup> ±1.1	13.3 <sup>e</sup> ±1.2

Keterangan : Nilai dinyatakan dalam rerata ±standar deviasi. Huruf yang sama menyatakan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf 5%.

Tabel 3. Rerata luas kanopi tanaman sayuran pada umur 30 HST

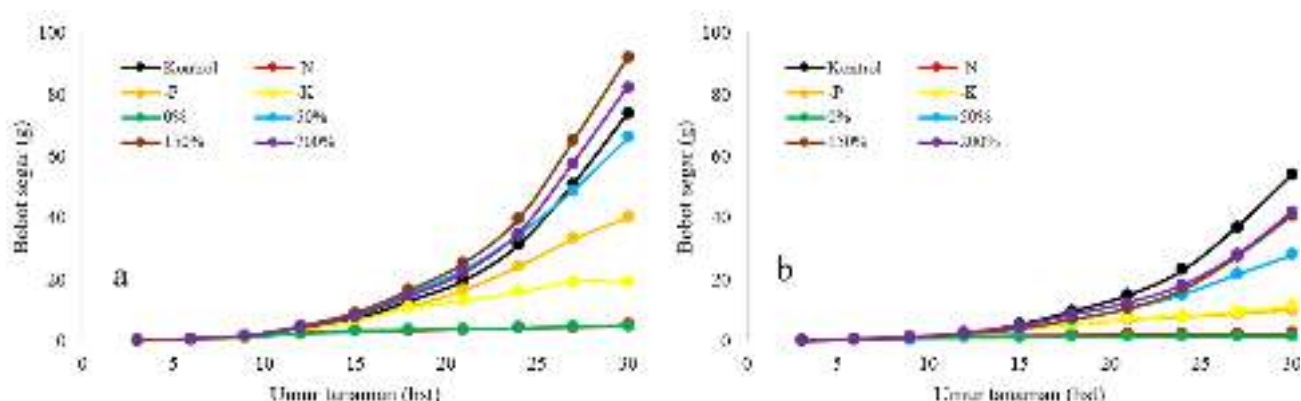
Perlakuan	Luas kanopi (piksel)	
	Pakcoy	Selada romaine
P1 (kontrol)	523717.6 <sup>e</sup> ±79183.3	529398.8 <sup>e</sup> ±112535.3
P2 (-N)	46395.2 <sup>a</sup> ±6417.5	27699.1 <sup>a</sup> ±5172.8
P3 (-P)	327353.9 <sup>c</sup> ±49686.9	111951.1 <sup>b</sup> ±30889.8
P4 (-K)	176876.9 <sup>b</sup> ±47315.5	129095.3 <sup>b</sup> ±31991.7
P5 (0% kontrol)	37962.7 <sup>a</sup> ±8708.6	22988.0 <sup>a</sup> ±4268.2
P6 (50% kontrol)	476823.0 <sup>d</sup> ±84784.9	261490.4 <sup>c</sup> ±42056.8
P7 (150% kontrol)	583188.4 <sup>f</sup> ±101890.3	412251.5 <sup>d</sup> ±95286.5
P8 (200% kontrol)	536674.8 <sup>e</sup> ±90892.5	385446.7 <sup>d</sup> ±122487.2

Keterangan : Nilai dinyatakan dalam rerata ±standar deviasi. Huruf yang sama menyatakan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf 5%.

### Bobot segar tanaman sayuran daun

Parameter pertumbuhan tanaman seperti tinggi, jumlah daun, dan luas kanopi tanaman akan mempengaruhi bobot segar tanaman. Apabila pertumbuhan tanaman terhambat, maka bobot segar tanaman juga akan menjadi rendah karena bobot segar tanaman merupakan akumulasi penambahan jumlah organ-organ tanaman seperti daun, batang, dan akar tanaman (Nurjanaty *et al.*, 2019). Bobot segar tanaman juga merupakan parameter hasil yang dapat digunakan sebagai indikator cekaman hara pada tanaman. Grafik penambahan bobot segar tanaman pakcoy dan selada romaine pada setiap perlakuan dari umur 3–30 HST dapat dilihat pada Gambar 2. Tanaman pakcoy dan selada romaine memiliki pola yang sama pada parameter bobot segar tanaman dimana laju penambahan terjadi secara lambat pada awal pertumbuhan dan meningkat cepat pada pertengahan hingga masa panen. Perlakuan defisiensi hara makro juga memberikan pengaruh yang berbeda-beda pada bobot segar tanaman. Tanaman yang mengalami defisiensi hara makro memiliki bobot segar yang lebih rendah

dibandingkan perlakuan kontrol. Perbedaan bobot segar tanaman juga mulai terlihat pada umur 12 HST.



Gambar 2. Bobot segar tanaman sayuran: (a) pakcoy dan (b) selada romaine

Berdasarkan hasil *one-way anova* dan uji lanjut Duncan pada Tabel 4, perlakuan cekaman hara berpengaruh secara signifikan pada bobot segar tanaman pakcoy dan selada romaine dibandingkan perlakuan kontrol pada umur 30 HST. Kondisi defisiensi hara pada perlakuan -N, -P, -K, 0%, dan 50% menghasilkan bobot segar tanaman yang lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol pada tanaman pakcoy dan selada romaine. Perlakuan defisiensi hara N dan 0% memiliki bobot segar yang paling rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa hara N menjadi unsur hara yang paling esensial bagi pertumbuhan tanaman sayuran daun (Kumari *et al.*, 2022). Defisiensi hara N menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan terhambat pertumbuhannya sehingga menurunkan hasil produksi tanaman (Monib *et al.*, 2023). Selain itu, defisiensi hara P dan K juga menurunkan bobot segar tanaman. Sementara itu, kondisi kelebihan hara pada perlakuan 150% dan 200% menghasilkan bobot segar tanaman yang lebih tinggi pada tanaman pakcoy dan lebih rendah pada tanaman selada romaine dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Tabel 4. Rerata bobot segar tanaman sayuran pada umur 30 HST

Perlakuan	Bobot segar (g)	
	Pakcoy	Selada romaine
P1 (kontrol)	73.8 <sup>c</sup> ± 8.7	54.2 <sup>c</sup> ± 8.7
P2 (-N)	5.3 <sup>a</sup> ± 0.9	2.7 <sup>a</sup> ± 0.6
P3 (-P)	40.2 <sup>c</sup> ± 5.8	10.2 <sup>b</sup> ± 2.3
P4 (-K)	19.3 <sup>b</sup> ± 5.6	11.6 <sup>b</sup> ± 2.7
P5 (0% kontrol)	4.9 <sup>a</sup> ± 1.1	1.9 <sup>a</sup> ± 0.4
P6 (50% kontrol)	65.8 <sup>d</sup> ± 10.8	27.9 <sup>c</sup> ± 5.1
P7 (150% kontrol)	92.1 <sup>g</sup> ± 13.6	40.8 <sup>d</sup> ± 8.4
P8 (200% kontrol)	82.5 <sup>f</sup> ± 10.7	41.9 <sup>d</sup> ± 9.9

Keterangan : Nilai dinyatakan dalam rerata ± standar deviasi. Huruf yang sama menyatakan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf 5%.

### Kesimpulan

Perlakuan cekaman hara makro memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sayuran daun yang dibudidayakan secara hidroponik. Kondisi defisiensi hara makro N,

P, dan K dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil tanaman sayuran daun, baik tanaman pakcoy maupun selada romaine.

### Daftar Pustaka

- Aleksandrov, V. (2022). Identification of nutrient deficiency in plants by artificial intelligence. *Acta Physiologiae Plantarum*, 44(29), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11738-022-03363-0>
- Armita, D., Wahdaniyah, W., Hafsan, H., & Al Amanah, H. (2022). Diagnosis Visual Masalah Unsur Hara Esensial Pada Berbagai Jenis Tanaman. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 16(1), 139–150. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v16i1.28639>
- Barbedo, J. G. A. (2019). Detection of nutrition deficiencies in plants using proximal images and machine learning: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 482–492. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.035>
- Kamelia, L., Rahman, T. K. B. A., Saragih, H., & Haerani, R. (2020). The comprehensive review on detection of macro nutrients deficiency in plants based on the image processing technique. *Proceedings - 2020 6th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2020*, 0–3. <https://doi.org/10.1109/ICWT50448.2020.9243623>
- Kumari, V. V., Banerjee, P., Verma, V. C., Sukumaran, S., Chandran, M. A. S., Gopinath, K. A., Venkatesh, G., Yadav, S. K., Singh, V. K., & Awasthi, N. K. (2022). Plant Nutrition: An Effective Way to Alleviate Abiotic Stress in Agricultural Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15). <https://doi.org/10.3390/ijms23158519>
- Lu, J., Peng, K., Wang, Q., & Sun, C. (2023). Lettuce Plant Trace-Element-Deficiency Symptom Identification via Machine Vision Methods. *Agriculture*, 13(8), 1–27. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081614>
- Monib, A. W., Alimyar, O., Mohammad, M. U., Akhundzada, M. S., & Niazi, P. (2023). Macronutrients for Plants Growth and Humans Health. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 2(2), 268–279. <https://doi.org/10.55544/jrasb.2.2.38>
- Nurjanaty, N., Linda, R., & Mukarlina, M. (2019). PENGARUH CEKAMAN AIR DAN PEMBERIAN PUPUK DAUN TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Protobiont*, 8(3), 6–11. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v8i3.36700>
- Rodrigo, A. R. S. P. (2020). *Deficiency Identification of Greenhouse Lettuce using Explainable AI*. MS thesis. Colombo, Sri Lanka: Departement of Computer Science, University of Colombo School of Computing.
- Sakamoto, M., Komatsu, Y., & Suzuki, T. (2021). Nutrient deficiency affects the growth and nitrate concentration of hydroponic radish. *Horticulturae*, 7(12), 1–12. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120525>
- Talukder, M. S. H., & Sarkar, A. K. (2023). Nutrients deficiency diagnosis of rice crop by weighted average ensemble learning. *Smart Agricultural Technology*, 4, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100155>
- Veazie, P., Cockson, P., Henry, J., Perkins-Veazie, P., & Whipker, B. (2020). Characterization of nutrient disorders and impacts on chlorophyll and anthocyanin concentration of *Brassica rapa* var. *Chinensis*. *Agriculture*, 10(10), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100461>
- Veazie, P., Pandey, P., Young, S., Ballance, M. S., Hicks, K., & Whipker, B. (2022). Impact of Macronutrient Fertility on Mineral Uptake and Growth of *Lactuca sativa* ‘Salanova Green’ in a Hydroponic System. *Horticulturae*, 8(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8111075>
- Zewide, I., & Melash, W. (2021). Review on Macronutrient in Agronomy Crops. *Nutrition and Food Processing*, 4(6), 01–07. <https://doi.org/10.31579/2637-8914/062>