

Pengaruh Dosis Larutan Nutrisi dan Kondisi Lingkungan Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.)

The Effect of Nutrient Solution Dosage and Environmental Conditions on Vegetative Growth of Mung Bean (*Vigna radiata* L.)

Andre Setiyawan¹⁾, Sri Devi Octavia²⁾

1) Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tamansiswa Palembang

2) Program Studi Agronomy Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi

Penulis untuk korespondensi: andresetiyawan09@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan vegetatif pada komoditas pangan menentukan hasil panen. Kacang hijau merupakan tanaman pangan yang tergolong dalam suku polong-polongan dengan kandungan protein tinggi dan bermanfaat bagi manusia. Penelitian mengenai dosis nutrisi dan kondisi lingkungan yang dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif kacang hijau penting untuk dilakukan. Penelitian ini dilakukan di tiga lokasi di Kabupaten Sleman yaitu di Kecamatan Banguntapan, Depok, dan Mlati dengan tiga dosis larutan nutrisi lengkap (0,5;1;1,5). Parameter vegetatif yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, panjang akar, dan komposisi red-green-blue warna daun. Parameter lingkungan yang diukur meliputi intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembaban udara. Penelitian berlangsung hingga 37 HST (hari setelah tanam). Hasil yang didapatkan, dari ketiga lokasi, penanaman di rumah kaca Banguntapan memiliki kondisi lingkungan yang relatif lebih stabil dibandingkan dua lokasi yang lain. Pertumbuhan vegetatif pada tanaman kacang hijau tertinggi secara umum diamati di lokasi Banguntapan dengan intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban udara yang lebih stabil. Sedangkan dosis larutan nutrisi yang dapat menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih tinggi adalah pada perlakuan 1 dan 1 ½ dosis. Sehingga, ketersediaan nutrisi yang mencukupi serta kondisi lingkungan yang stabil terbukti mampu menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik pada tanaman kacang hijau.

Kata kunci : dosis larutan nutrisi, kacang hijau, lingkungan, pertumbuhan vegetatif

ABSTRACT

Vegetative growth in food commodities determines crop yields. Mung beans are a food crop belonging to the legume family with high protein content and are beneficial for humans. Research on nutrient doses and environmental conditions that can enhance the vegetative growth of mung beans is important. This research was conducted at three locations in Sleman Regency, namely in Banguntapan, Depok, and Mlati Districts with three doses of complete nutrient solution (0.5; 1; 1.5). The vegetative parameters observed were plant height, stem diameter, leaf length, leaf width, number of leaves, root length, and the red-green-blue composition of leaf color. Environmental parameters measured included light intensity, air temperature, and air humidity. The research lasted until 37 days after planting (DAP). The results obtained from the three locations, planting in the Banguntapan greenhouse had relatively more stable environmental conditions compared to the other two locations. The highest vegetative growth in mung bean plants was generally observed at the Banguntapan location with more stable light intensity, temperature, and air humidity. Meanwhile, the nutrient solution doses that produced higher vegetative growth were the 1 and 1.5 doses treatments. Therefore, adequate nutrient availability and stable environmental conditions have been shown to promote better vegetative growth in mung bean plants.

Keywords: Environment, mung beans, nutrient solution dose, vegetative growth

PENDAHULUAN

Tanaman pertanian secara prinsip terbagi atas tiga kelompok tanaman, yaitu tanaman pangan, hortikultura, dan industri. Tanaman pangan merupakan tanaman penghasil karbohidrat dan nutrisi yang digunakan sebagai penyedia pangan bagi manusia maupun ternak. Tanaman hortikultura mempunyai peran penting bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Hortikultura terdiri dari tanaman aneka buah, sayuran, hias, dan obat. Tanaman industri atau tanaman perkebunan merupakan tanaman yang menghasilkan bahan pendukung utama bagi kebutuhan hidup manusia.

Tanaman membutuhkan 13 nutrisi mineral penting untuk tumbuh dan bertahan hidup. Mereka memperoleh nutrisi ini dari tanah. Kekurangan unsur hara tersebut mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman. Kekurangan unsur hara pada tanaman biasanya akan terlihat pada daun tua dan muda. Unsur hara mineral diklasifikasikan menjadi unsur hara makro dan mikro. Tanaman membutuhkan unsur hara makro dalam jumlah besar dan unsur hara mikro dalam jumlah kecil untuk kelangsungan hidupnya. Adapun yang tergolong makronutrien adalah Nitrogen, Kalium, Sulfur, Kalsium, Magnesium dan Fosfor. Golongan mikronutrien adalah Boron, Tembaga, Besi, Klorida, Mangan, Molibdenum dan Seng (Jeyalakshmi dan Radha, 2017).

Salah satu contoh tanaman pangan adalah tanaman kacang hijau. Tanaman kacang hijau merupakan tanaman pangan yang tergolong dalam suku polong-polongan dengan kandungan protein tinggi. Tanaman kacang hijau memiliki manfaat bagi manusia. Salah satu manfaatnya adalah kandungan antioksidan yang membantu menetralkan molekul berbahaya yang dikenal sebagai radikal bebas. Manfaat kedua adalah kandungan kalsium dan fosfor yang pada kacang hijau bermanfaat untuk memperkuat tulang dan memiliki kadar lemak yang rendah, sehingga dapat membantu menurunkan kadar kolesterol jahat dalam darah dan menjaga kesehatan jantung (Hou *et al.*, 2021). Banyak manfaat yang terdapat dalam kacang hijau untuk kesehatan manusia, oleh karena itu guna mempertahankan gizi yang terdapat dalam kacang hijau perlu didukung oleh usaha pertanian yang baik

dalam budidaya tanaman kacang hijau.

Komponen untuk mendukung budidaya tanaman pertanian adalah lingkungan tumbuh tanaman dapat berupa lingkungan abiotik dan biotik. Lingkungan abiotik termasuk di dalamnya tanah, air, suhu dan kelembaban udara, cahaya

Lokasi	Perlakuan	Dosis Nutrisi tanaman
Lokasi1	Perlakuan (P1)	25 ml nutrisi + 125 ml air
Banguntapa	Perlakuan (P2)	50 ml nutrisi + 125 ml air
n	Perlakuan (P3)	75 ml nutrisi + 125 ml air
Lokasi2	Perlakuan (P1)	25 ml nutrisi + 125 ml air
Mlati	Perlakuan (P2)	50 ml nutrisi + 125 ml air
	Perlakuan (P3)	75 ml nutrisi + 125 ml air
Lokasi3	Perlakuan (P1)	25 ml nutrisi + 125 ml air
Sleman	Perlakuan (P2)	50 ml nutrisi + 125 ml air
	Perlakuan (P3)	75 ml nutrisi + 125 ml air

dan lain-lain, sedangkan lingkungan biotik pada lingkungan tumbuh tanaman antara lain ada mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah. Mikroorganisme di dalam tanah berperan vital dalam memasok yaitu unsur hara bagi tanaman. Selain melalui aktivitas mikroorganisme di dalam tanah pemasokan unsur hara dapat juga melalui pemupukan.

Pemupukan merupakan pemberian bahan kepada tanaman ataupun tanah dan substrat lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung dengan bertujuan untuk mendorong pertumbuhan tanaman, meningkatkan produksi dan memperbaiki kualitasnya akibat adanya perbaikan nutrisi tanaman. Agar dapat dimanfaatkan oleh tanaman, unsur-unsur hara di dalam tanah melalui pemupukan harus berada dalam bentuk tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Di dalam tanaman itu sendiri, unsur-unsur hara tersebut mengalami berbagai reaksi atau proses fisiologis, yang mengakibatkan tanaman tumbuh dan berkembang serta dapat menyelesaikan daur hidupnya (Lyzenga *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui dosis larutan nutrisi dan kondisi lingkungan optimum untuk pertumbuhan kacang hijau.

Tabel 1. Perlakuan dosis pada tanaman kacang hijau

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan memberikan perlakuan untuk mengetahui pertumbuhan tanaman kacang hijau terhadap perlakuan pemberian dosis yang berbeda. Rancangan yang digunakan dalam penelitian eksperimental ini adalah rancangan tersarang dengan 3 perlakuan (Tabel 1.) dan masing-masing perlakuan memiliki 3 kali ulangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nutrisi tanaman terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman kacang hijau. Alat dan bahan tercantum pada Tabel 2. Adapun tiga variabel yang ada pada penelitian ini, variabel bebas dalam penelitian ini adalah lokasi penelitian dan dosis nutrisi tanaman. Variabel terikat adalah pertumbuhan dan perkembangan tanaman kacang hijau. Variabel control dalam penelitian ini adalah benih kacang hijau, media tanam, dan bahan tanam. Disiapkan tiga tanaman kacang hijau yang akan diamati. Lakukan pengamatan pertumbuhan sesuai metode yang telah diberikan dengan alat standar yang dimiliki. Catat data yang diperoleh dari pengamatan yang dilakukan pada 3 hari sekali pada jam yang sama setiap waktunya. Pengambilan data dilakukan pada waktu pertumbuhan 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 dan 34 HST.

Data yang diambil dalam penelitian kondisi lingkungan sekitar tanaman (suhu, kelembapan dan intensitas cahaya) tinggi tanaman, diameter batang, panjang dan lebar daun, warna daun dan panjang akar tanaman. Analisis data yang digunakan adalah uji Tukey dengan menggunakan aplikasi minitab 19 untuk mengetahui hubungan antara masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen.

Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan

Alat	Ukuran	Jumlah
Sendok Semen	-	2
Meteran Baju	2 meter	1
Lux meter	-	1
Thermometer	-	1
Color meter	-	1
Bahan	Ukuran	Jumlah
Ca(NO ₃) ₂	75,85 g	1
KNO ₃	77,69 g	1

FeEDTA	5 g	1
MgSO ₄	63 g	1
MnSO ₄	0,8 g	1
CuSO ₄	0,04 gram	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi lingkungan di ketiga lokasi menunjukkan kecenderungan yang berbeda-beda. Berdasarkan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3., lokasi Banguntapan mendapatkan intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembapan udara yang relatif lebih stabil disetiap pengamatannya dibandingkan lokasi lain. Hal tersebut dikarenakan lokasi Banguntapan yang digunakan untuk penanaman ada di rumah kaca, sehingga faktor-faktor lingkungan teramati dengan fluktuasi yang tidak terlalu besar. Pengamatan di lokasi Depok dan Mlati berada di halaman rumah, sehingga lebih mudah terpengaruh fluktuasi kondisi lingkungan. Berdasarkan pengamatan yang diperoleh, lokasi Mlati mendapatkan intensitas cahaya yang paling tinggi dan lokasi Banguntapan mendapatkan intensitas cahaya yang paling rendah. Suhu udara tertinggi didapatkan di lokasi Banguntapan dan suhu terendah didapatkan di lokasi Depok. Kemudian, pada parameter lingkungan kelembapan udara, nilai tertinggi didapatkan di lokasi Banguntapan dan nilai terendah didapatkan di lokasi Depok.

Perlakuan Dosis larutan nutrisi, interval perlakuan, dan kondisi lingkungan menunjukkan tidak adanya interaksi terhadap tinggi tanaman kacang hijau pada umur 13 HST dan 16 HST. Perbedaan tinggi tanaman kacang hijau dipengaruhi oleh dosis larutan nutrisi dan lokasi. Tinggi tanaman akibat perlakuan dosis larutan dan lokasi disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6., menunjukkan bahwa pada umur 10 HST, 19 HST, 22 HST, 25 HST, 28 HST, 31 HST dan 34 HST adanya interaksi atau pengaruh perlakuan dosis larutan nutrisi dan kondisi lingkungan terhadap selisih tinggi tanaman. Selisih tinggi tanaman pada umur 13 dan 16 HST tidak menunjukkan adanya interaksi perlakuan dosis larutan nutrisi dan kondisi lingkungan pada semua perlakuan. Selisih tinggi tanaman kacang hijau pada umur 7 HST menunjukkan adanya interaksi pada perlakuan L1P1, L1P3. Selisih tinggi tanaman pada umur 19 HST menunjukkan adanya interaksi

perlakuan L3P1 dan L1P1.

Diumur 34 HST menunjukkan adanya interaksi perlakuan dosis larutan nutrisi dan kondisi lingkungan pada perlakuan L2P1 dan L3P3. Selisih data tinggi tanaman tertinggi terjadi pada perlakuan L2P2 yakni sebesar 6,66667. Menurut (Ayunita dan Mansyoer, 2014) pertumbuhan tinggi tanaman berkaitan erat dengan ketersediaan nutrisi yang cukup dan seimbang untuk dapat diserap oleh tanaman, sehingga mampu memberikan pertumbuhan vegetative seperti tinggi tanaman yang optimal. Menurut (Singh *et al.*, 2024), pertumbuhan vegetative tanaman dipengaruhi oleh dosis nutrisi atau unsur hara yang masuk ke dalam tanaman melalui akar dalam bentuk ion. Perlakuan Dosis larutan nutrisi, interval perlakuan, dan kondisi lingkungan menunjukkan adanya interaksi terhadap diameter batang tanaman kacang hijau pada umur 7- 34 HST. Perbedaan diameter tanaman kacang hijau dipengaruhi oleh dosis larutan nutrisi dan lokasi penanaman. Diameter batang akibat perlakuan dosis larutan dan lokasi disajikan pada Tabel 7. Tabel 7 menunjukkan bahwa diameter batang tanaman kacang hijau dipengaruhi oleh dosis nutrisi dan lokasi penanaman pada umur 7-34 HST. Diameter batang tertinggi pada umur 34 HST pada perlakuan L1P1, L1P2, dan L1P3.

Diameter batang pada umur 7 HST yang menunjukkan adanya interaksi terjadi pada perlakuan L1P1 dan L2P1. Diameter batang di

umur 10 HST menunjukkan adanya interaksi disemua perlakuan dan lokasi. Diameter batang pada umur 13 HST-34 HST menunjukkan adanya interaksi pada L1P1 dan L2P2. Menurut (He *et al.*, 2024; Xiong dan Nadal, 2020) ketersediaan air dan nutrisi yang cukup dapat bermanfaat dalam menyerap air, sehingga dapat memberikan proses fotosintesis yang optimal dan dapat memperlancar translokasi hara hasil fotosintesis yang digunakan untuk pertumbuhan daun dan perkembangan batang tanaman. Diameter batang tanaman berhubungan dengan proses pemanjangan sel di vakuola yang dipengaruhi oleh pemberian air dengan intensitas tinggi, sehingga memicu adanya hormone tertentu yang memungkinkan dinding-dinding sel merentang dan bertambah tebal, karena adanya penumpukan selulosa tambahan yang terbuat dari gula (Kaiser dan Scheuring, 2020). Berdasarkan Tabel 9., jumlah daun tertinggi teramati di lokasi Mlati dengan rerata intensitas cahaya sebesar $6443,40 \pm 851,26$ lux. Pada 34 HST pengamatan, jumlah daun kacang hijau di lokasi Mlati teramati dengan nilai tertinggi sebesar 17,00 helai pada perlakuan $1 \frac{1}{2}$ dosis larutan nutrisi dan nilai terendah teramati di lokasi Depok dengan jumlah daun 11,00 helai pada perlakuan $\frac{1}{2}$ dosis. Berdasarkan Tabel 8., panjang daun pada seluruh perlakuan dan lokasi memiliki nilai yang bervariasi.

Tabel 3. Intensitas cahaya di berbagai lokasi pengamatan

Waktu	Intensitas cahaya (lux)			Rerata intensitas cahaya (lux)
	Banguntapan	Mlati	Depok	
7 HST	2082,00	6358,00	4465,00	$4301,67 \pm 1749,49$
10 HST	2830,00	5919,50	11166,00	$6638,50 \pm 3440,92$
13 HST	2975,33	5866,50	887,00	$3242,94 \pm 2041,66$
16 HST	2663,33	5421,00	2104,00	$3396,11 \pm 1449,91$
19 HST	2675,00	5651,50	9280,00	$5868,83 \pm 2700,86$
22 HST	2786,33	7437,50	2504,00	$4242,61 \pm 2262,07$
25 HST	3178,33	5552,00	1542,00	$3424,11 \pm 1646,27$
28 HST	3163,00	7065,00	9280,00	$6502,67 \pm 2528,71$
31 HST	3151,33	7897,50	6547,00	$5865,28 \pm 1996,68$
34 HST	3262,67	7265,50	794,00	$3774,06 \pm 2666,61$
Rerata	$2876,73 \pm 336,92$	$6443,40 \pm 851,26$	$4856,90 \pm 3719,04$	

Tabel 4. Suhu udara di berbagai lokasi pengamatan

Waktu Pengamatan (HST)											
Lokasi	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	Rata-rata
Banguntapan	32,7	33,3	32,7	33,0	32,0	32,0	33,0	32,7	32,7	33,0	32,7
Mlati	30,5	29,0	28,0	29,5	30,5	30,0	29,5	29,5	29,5	30,0	29,6
Depok	27,0	29,0	29,0	30,0	31,0	29,0	26,0	29,0	31,0	29,0	29,0

Tabel 5. Kelembaban udara di berbagai lokasi pengamatan

Pengamatan	7 HST	10 HST	13 HST	16 HST	19 HST	22 HST	25 HST	28 HST	31 HST	34 HST
	08-Apr	11-Apr	14-Apr	17-Apr	20-Apr	23-Apr	26-Apr	29-Apr	02-May	05-May
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Banguntapan	79,7	80,3	79,7	79,7	84,3	84,3	79,7	79,3	79,3	79,7
Mlati	83	71	68	62	60	55	79	65	60	69
Depok	67,5	67,5	66,5	61	59,5	61	61	65,5	62,5	59,5
Rerata	76,7	72,9	71,4	67,6	67,9	66,8	73,2	69,9	67,3	69,4

Tabel 6. Pertambahan tinggi tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)								
	10-7 HST	13-10 HST	16-13 HST	19-16 HST	22-19 HST	25-22 HST	28-25 HST	31-28 HST	34-31 HST
Lokasi 1	2,8 a	3,2 a	2,1 a	2,3 a	3,3 a	1,7 a	2,3 a	2,3 a	5,7 a
Lokasi 2	1,9 b	2,2 a	1,7 a	1,2 b	1,0 b	0,8 b	2,0 a	1,7 a	2,3 b
Lokasi 3	1,8 b	2,2 a	1,5 a	0,4 c	0,7 b	0,5 b	0,2 b	0,1 b	0,2 b
L1 P1	1,6 c	1,2 a	3,0 a	3,0 a	3,3 a	1,4 abc	1,5 abcd	2,7 a	3,2 bc
L1 P2	3,4 ab	2,0 a	2,0 a	2,4 ab	3,3 a	1,9 a	2,3 a	1,8 ab	2,2 bcd
L1 P3	3,6 a	3,3 a	1,4 a	1,4 bc	3,4 a	1,8 ab	3,0 a	2,2 ab	1,6 cd
L2 P1	2,1 bc	1,9 a	1,6 a	1,5 bc	0,6 b	0,6 abc	2,0 ab	2,1 ab	5,8 a
L2 P2	2,1 bc	2,4 a	1,8 a	1,1 bc	1,3 ab	0,8 abc	1,7abc	1,1 bc	6,7 a
L2 P3	1,6 c	2,2 a	1,6 a	1,2 bc	1,0 ab	1,0 abc	2,4 a	2, ab	4,6 ab
L3 P1	2,1 abc	1,6 a	1,0 a	0,1 c	1,4 ab	0,4 bc	0,4 bcd	0,3 c	0,5 d
L3 P2	1,9 bc	3,8 a	1,7 a	0,8 c	0,5 b	0,0 c	0,2 cd	0,1 c	0,1 d
L3 P3	1,5 c	4,3 a	1,8 a	0,3 c	0,2 b	1,3 abc	0,0 c	0,0 c	0,1 d

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada $\alpha=5\%$

Pada 34 HST pengamatan, diamati pertambahan panjang daun tertinggi didapatkan pada perlakuan 1 ½ dosis di lokasi Banguntapan dengan nilai 1,20 cm. Sedangkan nilai terendah pada 34 HST pengamatan adalah 0,00 cm pada beberapa perlakuan. Nilai pertambahan panjang sebesar 0,00 dimungkinkan karena pada organ yang diukur telah mengalami fase stasioner dalam pertumbuhan, sehingga ukuran daun tetap dan tidak mengalami pertambahan panjang. Rendahnya jumlah daun yang dihasilkan oleh tanaman yang menerima intensitas cahaya lebih rendah kemungkinan

disebabkan karena daun merupakan organ fotosintetik utama. Sehingga jumlah daun berkorelasi dengan tinggi-rendahnya hasil fotosintesis. Hal tersebut dilaporkan pada berbagai varietas kacang hijau (Hossain *et al.*, 2017) dan pada *Vigna aconitifolia* yang ditumbuhkan di bawah naungan (Chiangmai *et al.*, 2013). Selain itu, pada *Phaseolus vulgaris* pertumbuhan dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi yang dapat diserap oleh akar melalui aliran massa dari substrat ke jaringan akar (Matimati *et al.*, 2014). Proses tersebut dipengaruhi oleh laju transpirasi yang membentuk hubungan

yang linier dengan intensitas cahaya (Park et al., 2020), sehingga semakin tinggi intensitas cahaya yang diterima tanaman maka akan meningkatkan laju transpirasi. Proses biosintesis klorofil juga dipengaruhi oleh cahaya dan suhu, hal tersebut dilaporkan pada *Oryza sativa* dengan berbagai perlakuan suhu rendah menyebabkan penurunan biosintesis klorofil dan pada perlakuan yang diberi pencahayaan dapat meningkatkan biosintesis klorofil (Zhao et al., 2020). Sedangkan menurut (Jha et al., 2025), suhu dan intensitas cahaya yang terlalu tinggi mampu menurunkan kadar klorofil, sekaligus menghambat pertumbuhan tanaman kacang hijau. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada percobaan ini, kemungkinan intensitas cahaya yang didapatkan tanaman kacang hijau tidak memberikan pengaruh negatif.

Berdasarkan Tabel 10., rata-rata pertambahan lebar daun tertinggi terdapat pada pengamatan 10-13 HST dimana terdapat perbedaan signifikan antara lokasi 1 dan lokasi lainnya. Pada lokasi 3 adanya pengaruh dari dosis 2 tidak berbeda nyata dengan dosis 3 namun berbeda tidak nyata terhadap dosis 1 terhadap pertambahan lebar daun. Hal ini menjadikan dosis 2 menjadi dosis terbaik. Pada pengamatan 25 – 28 HST, pengaruh lokasi 2 berbeda nyata dengan lokasi lainnya terhadap pertambahan lebar daun. Namun, hanya pada lokasi 1 terjadi signifikansi pertambahan lebar daun antar dosis dimana pada dosis 2 berbeda nyata dengan dosis 1 dan tidak berbeda nyata dosis 3. Artinya pada umur 25-28 HST pertambahan lebar daun tertinggi terdapat pada dosis 2 dan dosis 3, menjadikan dosis 2 menjadi dosis terbaik. Kemudian pada pengamatan umur 28 -31 HST pengaruh lingkungan antara lokasi 1, 2 dan 3 berbeda nyata terhadap pertambahan lebar daun. Sementara pada pengamatan dosis di tiap lokasi, terjadi perbedaan signifikan antar dosis di lokasi 2. Pada lokasi 2 perlakuan dosis 2 berbeda tidak nyata dengan dosis 1 dan dosis 3. Artinya, pemberian dosis 2 pada tanaman kacang hijau memberikan pertambahan daun terbaik pada umur 28-31 HST. Pada pengamatan umur 31-34 HST pengaruh lingkungan di lokasi 1 berbeda nyata terhadap lokasi 2 dan 3 pada nilai pertambahan lebar daun. Pada pengamatan ini, perlakuan dosis di lokasi 1 memberikan perbedaan signifikan terhadap

pertambahan lebar daun. Dosis 2 merupakan perlakuan terbaik karena berbeda nyata dengan dosis 1 ataupun dosis 3.

Pada percobaan ini dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya perbedaan pertumbuhan dari tiap lokasi. Artinya lokasi yang berbeda memberikan pengaruh lingkungan dan iklim mikro yang berbeda juga. Hal ini sesuai dengan penelitian (Indrawan et al., 2017) yang menyatakan bahwa pada lingkungan terdapat iklim mikro yang merupakan pendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Faktor-faktor iklim yang sangat mempengaruhi pertumbuhan bagi tanaman adalah radiasi matahari, suhu dan curah hujan. Iklim mikro tanaman adalah kondisi disekitar tanaman yang mempengaruhi perakaran terdalam hingga tajuk teratas tanaman. (Jamil et al., 2018) juga menambahkan bahwa kondisi lingkungan yang ekstrim akan mengakibatkan gangguan pada semua fase pertumbuhan tanaman. Adanya pengaruh kondisi lingkungan dapat memberikan perbedaan tumbuh antara lokasi satu dengan lokasi lainnya.

Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa dosis 2 yang merupakan dosis normal menjadi perlakuan terbaik. Hal ini dikarenakan dosis 2 dapat memberikan nutrisi yang cukup bagi tanaman untuk dapat diserap dan diakumulasikan menjadi penyusun komponen serat dan sel-sel pada organ tanaman. Lebar daun yang cukup dapat mendukung akumulasi asimilat dari proses fotosintesis tanaman karena lebar daun yang besar sama artinya memperbesar luasan mesin fotosintesis tanaman. Jumlah daun yang semakin banyak akan menyebabkan penyerapan cahaya yang banyak pula, sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung dengan baik. Ketika jumlah fotosintat yang dihasilkan meningkat, maka lebar daun menjadi bertambah dengan kecukupan unsur dan perombakan energi pada daun tanaman. Hal ini juga seperti yang dinyatakan (Huang et al., 2019), pertambahan ukuran daun yang semakin besar menambah berat basah daun. Peningkatan luas daun total pada perlakuan penambahan nutrisi dan peningkatan luas yang lebih besar terjadi dengan pemenuhan kecukupan pemupukan N dan P dibandingkan dengan kontrol. Secara ringkas, penambahan ukuran daun disebabkan oleh

kecukupan asupan nutrisi dan hasil akumulasi pada tanaman.
perombakan energi untuk meningkatkan biomassa

Tabel 7. Diameter batang tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda

Perlakuan		Diameter Batang (cm)									
		7HST	10 HST	13 HST	16 HST	19 HST	22 HST	25 HST	28 HST	31 HST	34 HST
Lokasi 1		2,0 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a	4,0 a	4,0 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a	8,0 a
Lokasi 2		2,0 a	2,1 b	2,3 b	2,4 b	2,5 b	2,7 b	3,0 b	3,0 b	3,2 b	3,3 b
Lokasi 3		1,0 b	1,0 c	2,0 c	2,0 c	2,0 c	2,0 c	2,9 b	3,0 a	3,0 b	3,0 c
L1	P1	2,0 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a	4,0 a	4,0 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a	8,0 a
L1	P2	2,0 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a	4,0 a	4,0 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a	8,0 a
L1	P3	2,0 a	3,0 a	3,0 a	4,0 a	4,0 a	4,0 a	5,0 a	5,0 a	5,0 a	8,0 a
L2	P1	1,0 b	1,0 c	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,0 b	3,0 b	3,0 b	3,0 b	3,0 b
L2	P2	1,0 b	1,0 c	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,0 b	3,0 b	3,0 b	3,0 b	3,0 b
L2	P3	1,0 b	1,0 c	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,0 b	3,0 b	3,0 b	3,0 b	3,0 b
L3	P1	2,0 a	2,2 b	2,4 ab	2,5 b	2,7 b	3,0 b	3,1 b	2,8 b	2,8 b	3,5 b
L3	P2	2,0 a	2,2 b	2,3 b	2,5 b	2,5 b	2,6 b	2,9 b	3,2 b	3,3 b	3,4 b
L3	P3	1,9 a	2,0 b	2,1 b	2,2 b	2,2 b	2,4 b	2,8 b	3,0 b	3,4 b	3,0 b

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada $\alpha=5\%$

Tabel 8. Pertambahan panjang daun tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda.

Perlakuan		Panjang daun (cm)								
		7-10 HST	10-13 HST	13-16 HST	16-19 HST	19-22 HST	22-25 HST	25-28 HST	28-31 HST	31-34 HST
Banguntapan		1,17a	0,48b	0,58c	0,48a	0,34a	0,96a	0,95b	1,11a	0,84a
Mlati		1,39a	0,93a	1,24b	0,14b	0,00b	0,01b	0,02c	0,01b	0,00b
Depok		0,87b	0,30c	2,04a	0,55a	0,33a	1,13a	1,27a	0,15b	0,08b
L1	P1	1,10a	0,57bcd	0,40e	0,30bc	0,30a	1,06a	0,96a	1,03a	0,63b
L1	P2	1,40a	0,46cd	0,53de	0,70ab	0,43a	0,80a	1,03a	1,13a	0,70b
L1	P3	1,03a	0,43cd	0,83cde	0,46bc	0,30a	1,03a	0,86a	1,16a	1,20a
L2	P1	1,31a	0,97ab	1,07bcde	0,18bc	0,00a	0,00b	0,06b	0,03b	0,00c
L2	P2	1,41a	1,02a	1,31bcde	0,03c	0,00a	0,02b	0,00b	0,00b	-0,00c
L2	P3	1,38a	0,81abc	1,35bcd	0,21bc	0,01a	0,03b	0,00b	0,00b	-0,00c
L3	P1	0,80a	0,27d	1,67abc	1,13a	0,23a	1,03a	1,13a	0,16b	0,06c
L3	P2	1,00a	0,30d	1,93ab	0,43bc	0,40a	1,26a	1,30a	0,23b	0,06c
L3	P3	0,80a	0,33d	2,53a	0,10c	0,36a	1,10a	1,40a	0,06b	0,13c

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada $\alpha=5\%$

Pada Tabel 11., terjadi perbedaan signifikan pada percobaan antar lokasi. Lokasi 2 berbeda nyata dengan lokasi 1 dan 3. Sementara pada perlakuan dosis antar lokasi, terdapat perbedaan signifikan di setiap lokasi. Pada lokasi 1, dosis 1 berbeda tidak nyata dengan dosis 2 dan 3. Sehingga pada lokasi 1 bisa dikatakan dosis 1 memberikan panjang akar terbaik. Kemudian pada lokasi 2, dosis

1 berbeda tidak nyata dengan dosis 2 dan 3. Dan pada lokasi 3, dosis 1 berbeda tidak nyata dengan dosis 2 dan dosis 3. Sehingga dapat dinyatakan secara statistik dosis 1 merupakan dosis terbaik untuk panjang akar. Panjang akar berkaitan dengan kemampuan tanaman dalam mencari unsur hara di dalam tanah. semakin panjang akarnya maka semakin banyak unsur hara yang didapatkannya.

Menurut (Armita, 2019), kondisi kekurangan nutrisi di dalam tanah meningkatkan pertumbuhan akar sedangkan kondisi kelebihan nutrisi dapat menurunkan pertumbuhan akar. Pengaplikasian nutrisi pada tanaman, mempengaruhi kadar hormon endogen yaitu hormon auksin, sitokinin dan asam absisat yang mempengaruhi pertumbuhan dan morfologi akar. Menurut (Peng et al., 2021) pertumbuhan dan morfologi akar tanaman erat kaitannya dengan hormon endogen, yang dapat mengatur konfigurasi akar tanaman dan mempengaruhi perubahan panjang dan diameter akar. Hal ini juga didukung oleh (Liu et al., 2018) yang menyatakan bahwa aplikasi nutrisi yang tinggi dapat mengurangi kedalaman akar gandum. Secara umum, kekurangan air selama pertumbuhan vegetatif menyebabkan peningkatan penetrasi akar vertikal, penurunan kerapatan panjang akar di bagian dekat permukaan tanah dan meningkatkan kerapatan panjang akar di lapisan yang lebih dalam.

Pada Tabel 12., diketahui bahwa persentase warna hijau daun mendominasi untuk semua jenis pengamatan warna daun. Dominasi warna daun tersebut juga dapat dijelaskan melalui Gambar 1. Pada lokasi Banguntapan warna hijau daun yang mendominasi secara berturut-turut berada pada perlakuan 2, 3, 1. Untuk lokasi Depok warna hijau daun yang mendominasi secara berturut-turut berada pada perlakuan 2, 3, 1. Untuk lokasi Mlati warna hijau daun yang mendominasi secara berturut-turut berada pada perlakuan 3, 1, 2. Persentase warna daun yang paling tinggi berada pada tanaman yang memiliki kecukupan unsur hara yang lebih baik. (Sari et al., 2024) mengatakan bahwadengan melihat bagan warna daun tingkat kesuburan tanaman padi dibagi menjadi delapan empat skala hijau.

Tabel 9. Jumlah daun tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda.

Perlakuan		Jumlah daun (helai)									
		7 HST	10 HST	13 HST	16 HST	19 HST	22 HST	25 HST	28 HST	31 HST	34 HST
Banguntapan		2,00a	4,00b	6,56b	8,00a	9,11a	10,33a	11,11a	12,00a	13,11ab	14,00ab
Mlati		2,00a	5,00a	8,00a	8,00a	8,00a	11,00a	11,00a	13,00a	14,00a	15,33a
Depok		2,00a	2,00c	4,67c	6,00b	6,67b	7,33b	9,67b	10,33b	11,00b	12,33b
L1	P1	2,00a	4,00f	6,33ab	7,67a	8,67ab	10,00ab	10,33a	11,33a	12,33a	14,00ab
L1	P2	2,00a	4,00e	6,33ab	8,00a	9,33a	10,33ab	11,00a	12,33a	13,33a	14,00ab
L1	P3	2,00a	4,00d	7,00ab	8,33a	9,33a	10,67a	10,00a	12,33a	13,67a	14,00ab
L2	P1	2,00a	5,00c	8,00a	8,00a	8,00ab	11,00a	11,00a	13,00a	13,00a	14,00ab
L2	P2	2,00a	5,00b	8,00a	8,00a	8,00ab	11,00a	11,00a	13,00a	14,00a	15,00ab
L2	P3	2,00a	5,00a	8,00a	8,00a	8,00ab	11,00a	11,00a	13,00a	15,00a	17,00a
L3	P1	2,00a	2,00i	5,00bc	6,00ab	6,00b	7,00c	10,00a	10,00a	10,00a	11,00b
L3	P2	2,00a	2,00h	4,00c	7,00ab	7,00ab	8,00bc	10,00a	11,00a	12,00a	14,00ab
L3	P3	2,00a	2,00g	5,00bc	5,00b	7,00ab	7,00c	9,00a	10,00a	11,00a	12,00b

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada $\alpha=5\%$

Tabel 10. Pertambahan lebar daun tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda.

Perlakuan		Pertambahan Lebar Daun (cm)								
		7-10 HST	10-13 HST	13-16 HST	16-19 HST	19-22 HST	22-25 HST	25-28 HST	28-31 HST	31-34 HST
Lokasi 1		1,0 a	0,4 b	0,2 b	0,1 b	0,2 a	0,7 b	0,8 a	0,9 a	0,6 a
Lokasi 2		0,0 c	1,0 a	0,2 b	0,3 a	0,2 a	0,9 a	0,7 a	0,6 b	0,1 b
Lokasi 3		0,3 b	1,1 a	0,7 a	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 c	0 b
L1	P1	1,0 a	0,4 b	0,3 ab	0,1 a	0,1 ab	0,6 a	1,0 a	0,6 a	0,4 bc
L1	P2	0,9 ab	0,4 b	0,2 b	0,1 a	0,1 ab	0,9 a	0,6 b	0,9 a	1,0 a

	P3	1,0 a	0,5 b	0,2 b	0,1 a	0,3 a	0,7 a	0,6 b	1,1 a	0,5 b
L2 L2	P1	0,0 c	0,8 ab	0,3 b	0,3 a	0,2 ab	0,9 a	0,6b	0,6 ab	0,06 d
L2	P2	0,0 c	1,0 a	0,2 b	0,3 a	0,3 a	1,0 a	0,8 ab	0,6 a	0,06 d
	P3	0,0 c	1,1 a	0,3 b	0,2 a	0,1 ab	1,0 a	0,9 ab	0,5 ab	0,1 cd
L3 L3	P1	0,2 bc	1,2 a	0,8 a	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0c	0,0 b	0 d
L3	P2	0,3 abc	1,1 a	0,8 a	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0 b	0 d
	P3	0,5 abc	1,0 a	0,6 ab	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0 b	0 d

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada $\alpha=5\%$

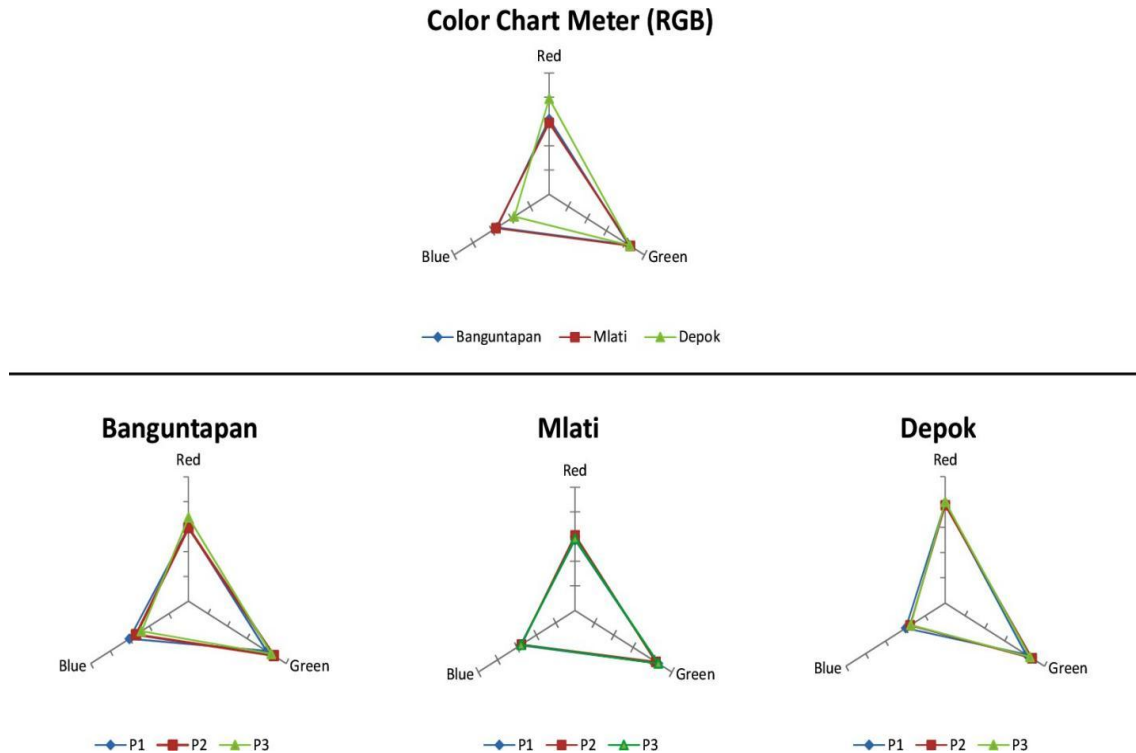
Tabel 11. Panjang akar tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda.

Perlakuan	Panjang Akar (cm)		
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3
P1	22,0 abc	26.5 ab	24,6 abc
P2	22,6 abc	30.1 a	19,0 bc
P3	25,9 ab	27.5 a	17,0 c
Rerata	23,5 b	28.0a	20,2 b

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada $\alpha=5\%$

Tabel 12. Warna daun tanaman kacang hijau (*V. radiata*) pada berbagai dosis larutan nutrisi dan tiga lokasi yang berbeda.

Perlakuan		Chart color				Persentase (%)			
		Red	Green	Blue	Total	Red	Green	Blue	Total (%)
Lokasi 1		126	170	112	409	30,9	41,7	27,4	100,0
Lokasi 2		80	116	76	272	29,5	42,6	27,9	100,0
Lokasi 3		163	176	76	415	39,3	42,4	18,3	100,0
Lokasi 1	P1	152	204	154	510	29,8	39,9	30,3	100.0
	P2	99	146	90	335	29,5	43,6	26,8	100.0
	P3	128	161	92	381	33,7	42,3	24,0	100.0
Lokasi 2	P1	75	113	74	263	28,7	43,0	28,3	100.0
	P2	86	118	78	283	30,5	41,7	27,7	100.0
	P3	79	116	75	271	29,2	43,0	27,8	100.0
Lokasi 3	P1	158	162	79	399	39,5	40,6	19,9	100.0
	P2	180	204	83	467	38,6	43,7	17,7	100.0
	P3	151	161	66	378	40,0	42,6	17,4	100.0



ambar 1. Perbandingan warna daun tanaman kacang hijau pada berbagai dosis perlakuan di tiga lokasi

Warna hijau terang yang berarti tanaman kekurangan pupuk nitrogen hingga hijau gelap yang berarti tanaman kelebihan pupuk nitrogen. Hal ini juga didukung oleh (Setya dan Atmaja, 2017) yang menyatakan bahwa tanaman yang memiliki kecukupan hara, dapat menjalankan proses fotosintesis, warna daun lebih hijau dan pertumbuhan vegetatifnya lebih baik. Nitrogen merupakan unsur penyusun klorofil daun, sehingga nitrogen bertanggungjawab dalam pembentukan warna dominan kehijauan pada daun. Akan tetapi, tanaman yang kekurangan hara nitrogen menunjukkan warna daun yang hijau kekuningan, ukurannya kecil serta pucat hingga terjadinya keguguran daun. Bahkan (Jeyalakshmi dan Radha, 2017) telah menyatakan bahwa dapat dilakukannya pendekatan inovatif untuk mendeteksi defisiensi nitrogen pada daun tanaman. Kandungan nitrogen dalam daun dapat diperkirakan menggunakan fitur warna dan fitur tekstur. Fitur warna komponen merah, hijau, biru, rona, saturasi dan nila dapat diekstraksi dan dianalisis. Kemudian data digabungkan dengan perbandingan fitur tekstur entropi, energi, kontras dan homogenitas diekstraksi dengan menghitung matriks ko-okurensi tingkat keabuan dan perkiraan kandungan Nitrogen

tanaman.

KESIMPULAN

Pertumbuhan vegetatif pada tanaman kacang hijau tertinggi secara umum diamati di lokasi Banguntapan dengan intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban udara yang lebih stabil. Sedangkan dosis larutan nutrisi yang dapat menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih tinggi adalah pada perlakuan 1 dan 1 ½ dosis

DAFTAR PUSTAKA

- Armata, D. (2019). Kajian Keterkaitan antara Nutrisi, Hormon, dan Perkembangan Akar Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas Indonesia*, 978–602.
- Ayunita, I., & Mansyoer, A. (2014). Uji Beberapa Dosis Pupuk Vermekompos Pada Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). In *Jom Faperta* (Vol. 1).
- Chiangmai, P. N., Pootaeng-On, Y., & Khewaram, T. (2013). Evaluation of the Shade Tolerance of Moth Bean (*Vigna aconitifolia*) and Two

- Tropical Legume Species. In *Silpakorn U Science & Tech J* (Vol. 7, Issue 1).
- He, Y., Geng, Y., Han, B., Shi, L., Shao, X., & Liu, K. (2024). Water controls the divergent responses of terrestrial plant photosynthesis under nitrogen enrichment. *Journal of Ecology*, 112(11), 2638–2651. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14409>
- Hossain, M. A., Hasan, M. A., Sikder, S., & Chowdhury, A. K. M. M. B. (2017). Leaf Characteristics and Yield Performance of Mungbean (*Vigna radiata* L.) Varieties under Different Levels of Shading. *The Agriculturists*, 15, 40.
- Hou, D., Liu, F., Ren, X., Shen, Q., & Zhou, S. (2021). Protective Mechanism of Mung Bean Coat Against Hyperlipidemia in Mice Fed with A High-Fat Diet: Insight from Hepatic Transcriptome Analysis. *Food Funct.*, 12(24), 12434–12447. <https://doi.org/10.1039/D1FO02455H>
- Huang, W., Ratkowsky, D. A., Hui, C., Wang, P., Su, J., & Shi, P. (2019). Leaf Fresh Weight Versus Dry Weight: Which is Better for Describing the Scaling Relationship Between Leaf Biomass and Leaf Area for Broad-leaved plants? *Forests*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/f10030256>
- Indrawan, R. R., Suryanto, A., & Soeslistyono, R. (2017). Kajian Iklim Mikro Terhadap Berbagai Sistem Tanam dan Populasi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(1), 92–99.
- Jamil, N., Mohd Zairi, M. N., Mohd Nasim, N. A., & Pa'ee, F. (2018). Influences of Environmental Conditions to Phytoconstituents in Clitoria ternatea (Butterfly Pea Flower) – A Review. *Journal of Science and Technology*, 10(2). <https://doi.org/10.30880/jst.2018.10.02.029>
- Jeyalakshmi, S., & Radha, R. (2017). A Review On Diagnosis Of Nutrient Deficiency Symptoms In Plant Leaf Image Using Digital Image Processing. *ICTACT Journal on Image and Video Processing*, 7(4), 1515–1524. <https://doi.org/10.21917/ijivp.2017.0216>
- Jha, U. C., Shafi, S., Tallury, S., Nayyar, H., Ciampitti, I. A., Siddique, K. H. M., & Prasad, P. V. V. (2025). Differential physiological and Yield Responses of Selected Mung Bean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) Genotypes to Various High-Temperature Stress Regimes. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84615-6>
- Kaiser, S., & Scheuring, D. (2020). To Lead or to Follow: Contribution of the Plant Vacuole to Cell Growth. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00553>
- Liu, W., Wang, J., Wang, C., Ma, G., Wei, Q., Lu, H., Xie, Y., Ma, D., & Kang, G. (2018). Root Growth, Water and Nitrogen Use Efficiencies in Winter Wheat Under Different Irrigation and Nitrogen Regimes in North China Plain. *Frontiers in Plant Science*, 871. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01798>
- Lyzenga, W. J., Liu, Z., Olukayode, T., Zhao, Y., Kochian, L. V., & Ham, B. K. (2023). Getting to the roots of N, P, and K uptake. *Journal of Experimental Botany*, 74(6), 1784–1805. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad035>
- Matimati, I., Verboom, G. A., & Cramer, M. D. (2014). Nitrogen Regulation of Transpiration Controls Mass-flow Acquisition of Nutrients. *Journal of Experimental Botany*, 65(1), 159–168. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert367>
- Park, S. W., An, S., & Kwack, Y. (2020). Changes in Transpiration Rates and Growth of Cucumber and Tomato Scions and Rootstocks Grown Under Different Light Intensity Conditions in a Closed Transplant Production System. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 29(4), 399–405. <https://doi.org/10.12791/ksbec.2020.29.4.399>
- Peng, Y., Chen, K., Wang, G., Wei, F., & Ma, Y. (2021). Nitrogen Addition Regulates Allometric Growth by Changing the Distribution Patterns of Endogenous Hormones in Different Organs of Pinus Tabuliformis. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-339221/v1>
- Sari, D. M., Insani, C. N., Heri, A., & Arifin, N. (2024). Penentuan Takaran Pupuk Nitrogen Tanaman Padi Menggunakan Metode Histogram BWD. *Jurnal Eksplora Informatika*, 13(2), 164–174. <https://doi.org/10.30864/eksplora.v13i2.1002>
- Setya, I., & Atmaja, W. (2017). Pengaruh Uji Minus One Test Pada Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Mentimun. *Jurnal Logika*, 1, 1978–2560.

- Singh, K., Gupta, S., & Singh, A. P. (2024). Review: Nutrient-Nutrient Interactions Governing Underground Plant Adaptation Strategies in a Heterogeneous Environment. In *Plant Science* (Vol. 342). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2024.112024>
- Xiong, D., & Nadal, M. (2020). Linking Water Relations and Hydraulics with Photosynthesis. *Plant Journal*, 101(4), 800–815. <https://doi.org/10.1111/tpj.14595>
- Zhao, Y., Han, Q., Ding, C., Huang, Y., Liao, J., Chen, T., Feng, S., Zhou, L., Zhang, Z., Chen, Y., Yuan, S., & Yuan, M. (2020). Effect of Low Temperature on Chlorophyll Biosynthesis and Chloroplast Biogenesis of Rice Seedlings During Greening. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4). <https://doi.org/10.3390/ijms21041390>