



# Ekstrak Tomat sebagai Induksi Pertumbuhan Akar *Ipomoea Aquatica* Forssk

Rizka Dwi Agustina Rahmawati<sup>1\*</sup>, Sri Widoretno<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup> Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received March 07, 2024

Accepted July 13, 2024

Available online July 25, 2024

### Kata Kunci:

Auksin, Ekstrak Tomat, Induksi Akar, *Ipomoea Aquatica* Forssk, ZPT

### Keywords:

Auxin, Tomato Extract, Root Induction, *Ipomoea Aquatica* Forssk, ZPT



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

## ABSTRAK

Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak tomat terhadap induksi pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 3 perlakuan: konsentrasi ekstrak tomat, lama waktu pertumbuhan, dan IAA murni sebagai pembanding ekstrak tomat. Setiap perlakuan terdiri dari 5 ulangan. Ekstrak tomat dibuat dengan menghaluskan tomat dan menyaring serta mensentrifus dengan kecepatan 6000 rpm selama 5 menit. Filtrat digunakan sebagai ekstrak tomat 100%. 0,1% ekstrak tomat dibuat dari 1 ml ekstrak tomat 100%, dilarutkan dalam 1000 ml aquades. 0,05% ekstrak tomat dibuat dari 0,5 ml ekstrak tomat 100%, dilarutkan dalam 1000 ml. Sebagai pembanding digunakan IAA murni 0,1%, 0,05%, dan 0,01%. Larutan yang sudah dibuat digunakan sebagai media tumbuh *Ipomoea aquatica* Forssk. Pengamatan dilakukan pada waktu 2,4 dan 8 hari setelah tanam. Hasil penelitian menunjukkan: 1) Ekstrak tomat lebih baik dalam menginduksi pertumbuhan jumlah dan panjang akar *Ipomoea aquatica* Forssk dibandingkan dengan IAA murni; 2) Induksi akar *Ipomoea aquatica* Forssk tumbuh optimum pada waktu tumbuh 8 hari; 3) Variasi konsentrasi ekstrak tomat dengan lama waktu yang terbaik untuk induksi pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk, adalah 0,1% di 8 hari setelah waktu tanam.

## ABSTRACT

The study aimed to analyze the effect of various concentrations of tomato extract on the induction of root growth of *Ipomoea aquatica* Forssk. The study used a Random Group Design (RGD) consisting of 3 treatments: tomato extract concentration, length of growth time, and IAA as a comparison of tomato extract. Each treatment consisted of 5 replicates. Tomato extract is made by mashing tomatoes and filtering and centrifusing at 6000 rpm for 5 minutes. Filtrate is used as a 100% tomato extract. 0.1% tomato extract is made from 1 ml of 100% tomato extract, dissolved in 1000 ml of aquades. 0.05% tomato extract is made from 0.5 ml of 100% tomato extract, dissolved in 1000 ml. As a comparison, pure IAA is used 0.1%, 0.05%, and 0.01%. The solution that has been made is used as a growing medium for *Ipomoea aquatica* Forssk. Observations were made at 2,4 and 8 days after planting time. The results of the study showed: 1) Tomato extract was better at inducing the growth of the number and length of roots of *Ipomoea aquatica* Forssk compared to pure IAA; 2) Root induction of *Ipomoea aquatica* Forssk grows optimally at 8 days of growth; 3) The variation in the concentration of tomato extract with the best time for induction of root growth of *Ipomoea aquatica* Forssk, was 0.1% in 8 days after planting time.

## 1. PENDAHULUAN

Buah tomat memiliki kandungan gizi yang cukup lengkap (Jumaini & Astija, 2021; Putri, 2021). Buah tomat mengandung protein, vitamin, dan mineral (Annisaturaida et al., 2023; Jumaini & Astija, 2021). Vitamin yang terkandung dalam buah tomat yaitu vitamin A, vitamin C, vitamin B1, vitamin B2, dan niacin (Ali et al., 2021; Alivianingsih et al., 2020). Kandungan mineral yang terdapat pada buah tomat adalah kalsium, kalium, natrium, fosfor, magnesium, belerang, dan besi (Ali et al., 2021; Annisaturaida et al., 2023). Selain mengandung vitamin dan mineral, buah tomat juga mengandung senyawa seperti senyawa likopen,  $\beta$ karoten, polifenol, vitamin C, dan IAA (Ali et al., 2021; Putri, 2021). Semua vitamin dan senyawa yang terkandung dalam buah tomat bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman (Dewi et al., 2021; Heriansyah & Indrawanis, 2020). Senyawa IAA merupakan senyawa yang tergolong dalam zat pengatur tumbuh alami pada tanaman (Junairiah et al., 2019; Ningsih & Rohmawati, 2019). Kandungan konsentrasi IAA yang tinggi pada buah tomat berfungsi sebagai hormon pertumbuhan tanaman (Sari et al., 2022; Sari et al., 2019). IAA berperan pada proses perpanjangan sel, merangsang pertumbuhan batang, pematangan buah, dan pembentukan akar lateral (Azhar et al., 2021; Mazzoni-Putman et al., 2021). Ketersediaan IAA di dalam buah tomat memungkinkan terjadinya pertumbuhan tanaman (Heriansyah & Indrawanis, 2020; Musdalipa et al., 2023).

\*Corresponding author.

E-mail addresses: [rizkariris@student.uns.ac.id](mailto:rizkariris@student.uns.ac.id) (Rizka Dwi Agustina Rahmawati)

Vitamin B1 pada tomat merupakan nutrisi penting yang berperan dalam proses fotosintesis, mempercepat pertumbuhan akar, dan membantu pertumbuhan jaringan baru (Ansoruddin et al., 2023; Labaik et al., 2021). Vitamin B1 pada buah tomat mempunyai fungsi seperti zat pengatur tumbuh (Nawariah et al., 2022; Rugayah et al., 2021). Zat pengatur tumbuh adalah senyawa organik yang berperan untuk pembelahan dan perkembangan sel (Pamungkas & Nopiyanto, 2020; Rostami & Azhdarpoor, 2019). Dengan demikian, ketersediaan IAA dan vitamin B1 menjadi aktivitas yang sinergis untuk memacu pertumbuhan tanaman (Atif et al., 2024; Musdalipa et al., 2023).

Kandungan senyawa dan vitamin pada buah tomat merupakan senyawa makronutrien dan mikronutrien yang secara umum semua tumbuhan memerlukannya karena berperan dalam pertumbuhan (Kaboré et al., 2022; Rusu et al., 2023). Makronutrien dan mikronutrien yang terkandung dalam buah tomat memiliki senyawa yang diperlukan sebagai substrat pertumbuhan tanaman (Rahi et al., 2021; Sunarpi et al., 2020). Hadirnya senyawa makronutrien dan mikronutrien yang bersinergis dengan IAA dan vitamin B1 dalam buah tomat sebagai zat pengatur tumbuh, maka tomat menjadi buah yang mampu untuk memacu pertumbuhan dan pemanjangan sel (Rahi et al., 2021; Sunarpi et al., 2020). Pertumbuhan dan pemanjangan sel terjadi di semua ujung apikal tumbuhan, tidak terkecuali pada akar (Andriyuni et al., 2020; Zhukovskaya et al., 2020). Ujung akar merupakan ujung apikal dari tumbuhan (Abdullah & Andres, 2021; Shi & Vernoux, 2019). Dengan demikian, senyawa makronutrien, mikronutrien, IAA, dan vitamin B1 di dalam buah tomat menjadi aktivitas yang sinergis untuk mendorong pemanjangan sel dan pertumbuhan akar tanaman (Atiek et al., 2022; Atif et al., 2024), tidak terkecuali pada tanaman *Ipomoea aquatica* Forssk.

*Ipomoea aquatica* Forssk memiliki beberapa organ penting salah satunya akar yang mendukung kelangsungan hidup semua tanaman (Hasan & Pakaya, 2020; Nadila et al., 2020). *Ipomoea aquatica* Forssk merupakan tanaman yang memiliki ujung apikal dari ujung batang dan ujung akar (Bunga, 2020; Gangopadhyay et al., 2021). Pertumbuhan ujung akar dipengaruhi oleh makronutrien, mikronutrien, IAA, dan vitamin B1 yang dimiliki oleh buah tomat (Kaboré et al., 2022; Musdalipa et al., 2023; Rahi et al., 2021).

Pertumbuhan ujung akar distimulasi dengan ketersediaan makronutrien, mikronutrien, vitamin B1, dan IAA yang secara aktivitas bersinergis dari buah tomat (Atiek et al., 2022; Kaboré et al., 2022; Rahi et al., 2021). Mekanisme kerja IAA dalam menginduksi akar yaitu dengan cara melenturkan dinding sel untuk menginisiasi pemanjangan sel (Budi, 2020; Nazir et al., 2022). Selain itu, IAA menyebabkan terjadinya pertukaran ion H<sup>+</sup> dengan ion K<sup>+</sup> yang berkaitan dengan pH dinding sel (Li et al., 2021; Wulandari et al., 2019). Kelenturan dinding sel menyebabkan air masuk ke dalam sel secara osmosis sehingga terjadi penambahan volume sel (Illahi et al., 2022; Morris & Blyth, 2019). Penambahan volume sel menyebabkan metabolisme sel berubah, hidrolisis pada glukosa menjadi sukrosa, dan sukrosa siap dipergunakan sebagai substrat pertumbuhan untuk pemanjangan sel (Morris & Blyth, 2019; Yamamoto, 2019). Dengan demikian, adanya makronutrien, mikronutrien, IAA, dan vitamin B1 dalam ekstrak tomat berpengaruh terhadap induksi pertumbuhan ujung apikal akar *Ipomoea aquatica* Forssk.

## 2. METODE

Penelitian dilakukan di *Greenhouse* Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Februari 2024. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 3 perlakuan dan 5 pengulangan disetiap perlakuan (Horhoruw & Rajab, 2019; Rugayah et al., 2021). Perlakuan pertama yaitu ekstrak tomat dan IAA murni sebagai pembanding (Dewi et al., 2021; Kusbianto et al., 2021). Perlakuan kedua yaitu variasi konsentrasi ekstrak tomat dan IAA murni dengan masing-masing konsentrasi 0,01%, 0,05%, dan 0,1% (Heriansyah & Indrawanis, 2020; Solano et al., 2023). Perlakuan ketiga yaitu lama waktu pertumbuhan tanaman yang terdiri dari 2 hari, 4 hari, dan 8 hari (Sousa et al., 2020; Utari, 2023). Parameter penelitian yang diamati meliputi: jumlah, panjang, berat basah, dan berat kering akar (Indraswari et al., 2023; Laili, 2022).

Pembuatan konsentrasi IAA murni sebagai perlakuan pertama menggunakan 1 gram IAA murni yang dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades untuk mendapatkan konsentrasi 0,1% (Sriwening & Susanti, 2022). Konsentrasi IAA murni 0,05% dibuat menggunakan 0,5 gram IAA murni yang dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades (Nurlyana et al., 2023). Konsentrasi IAA murni 0,01% dibuat menggunakan 0,1 gram IAA murni yang dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades (Magani et al., 2020).

Pembuatan konsentrasi ekstrak tomat sebagai perlakuan kedua menggunakan 250 gram buah tomat yang telah masak, ditandai dengan kulit buah berwarna merah (Sonntag et al., 2019). Buah tomat yang telah masak dipotong dan dibuang bijinya (Molina et al., 2022). Buah tomat dihancurkan menggunakan blender sampai halus (Dewi et al., 2021). Buah tomat yang sudah halus disaring dan dimasukkan ke dalam vial serta disentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 5 menit (Georgaki et al., 2023). Endapan filtrat dibuang, sementara filtrat hasil sentrifugasi adalah 100% hasil ekstrak tomat (Dewi et al., 2021). Ekstrak tomat yang digunakan dalam perlakuan adalah 0,01%, 0,05%, dan 0,1% (Heriansyah

& Indrawanis, 2020; Solano et al., 2023). Konsentrasi 0,1% ekstrak tomat dibuat menggunakan 1 ml ekstrak tomat yang dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades (Sriwening & Susanti, 2022). Konsentrasi ekstrak tomat 0,05% dibuat menggunakan 0,5 ml ekstrak tomat yang dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades (Nurlyana et al., 2023). Konsentrasi ekstrak tomat 0,01% dibuat menggunakan 0,1 ml ekstrak tomat yang dilarutkan ke dalam 1000 ml aquades (Magani et al., 2020).

Pemeliharaan *Ipomoea aquatica* Forssk dilakukan menggunakan media berupa botol air mineral dengan volume 1500 ml sebanyak 18 buah botol, 9 buah botol untuk perlakuan IAA murni dan 9 buah botol untuk perlakuan ekstrak tomat. Botol air mineral berukuran 1500 ml dilubangi dengan gunting pada bagian samping sebesar 0,5 cm x 4 cm sebagai tempat penumbuhan tanaman (Mustofa et al., 2022). *Ipomoea aquatica* Forssk yang digunakan sebanyak 45 batang, masing-masing botol diisi dengan 5 batang *Ipomoea aquatica* Forssk dengan panjang batang 10 cm yang diambil dari 5 helai daun dari pucuk. Bagian dari botol yang tidak digunakan oleh batang ditutup menggunakan selotip untuk menghindari evaporasi atau penguapan dari media (Putri et al., 2023). Perlakuan diletakkan di tempat yang tidak terkena matahari langsung dan diamati pada hari ke-2, 4, dan 8 setelah tanam (Sousa et al., 2020; Utari, 2023).

Pengukuran parameter penelitian terhadap pertumbuhan *Ipomoea aquatica* Forssk meliputi: jumlah, panjang, berat basah, dan berat kering akar (Indraswari et al., 2023; Laili, 2022). Pengukuran panjang akar dilakukan dari leher akar hingga ujung akar terpanjang (Tanjung & Darmansyah, 2021). Jumlah akar dinyatakan dengan rata-rata jumlah seluruh akar yang tumbuh (Laili, 2022). Berat basah akar dinyatakan dengan menimbang akar tanaman setelah dibersihkan dan ditiriskan pada kertas buram (Indraswari et al., 2023). Berat kering akar dinyatakan dengan menimbang akar setelah di oven pada suhu 80°C selama 48 jam (Madusari et al., 2019). Pengukuran dilakukan pada hari ke-2, 4, dan 8 setelah tanam (Sousa et al., 2020; Utari, 2023).

Analisis data hasil pengukuran dilakukan dengan uji SPSS menggunakan *three-way Analysis of Variance* (ANOVA) (Afifi et al., 2024). Hasil uji *three-way Analysis of Variance* (ANOVA) yang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji lanjut. Uji lanjut dilakukan dengan menggunakan *Least Significant Difference* (LSD) (Wisuda et al., 2023).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil

Parameter penelitian meliputi jumlah, panjang, berat basah, dan berat kering akar *Ipomoea aquatica* Forssk yang dipengaruhi oleh variasi konsentrasi dan lama waktu pertumbuhan. Hasil analisis parameter penelitian menggunakan Uji *Three Way* ANOVA untuk jumlah dan panjang akar menunjukkan hasil yang signifikan. Sedangkan untuk berat basah dan berat kering akar, menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Hasil analisis parameter jumlah dan panjang akar menggunakan Uji *Three Way* ANOVA disajikan pada Tabel 1, dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Uji *Three Way* ANOVA pada Parameter Jumlah Akar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5404.222 <sup>a</sup>	17	317.895	14.399	0.000
Intercept	5696.178	1	5696.178	258.005	0.000
LamaWaktuPertumbuhan	2226.689	2	1113.344	50.428	0.000
VariasiKonsentrasi	364.156	2	182.078	8.247	0.001
JenisZPT	176.400	1	176.400	7.990	0.006
LamaWaktuPertumbuhan * VariasiKonsentrasi	674.978	4	168.744	7.643	0.000
LamaWaktuPertumbuhan * JenisZPT	772.067	2	386.033	17.485	0.000
VariasiKonsentrasi * JenisZPT	374.067	2	187.033	8.472	0.000
LamaWaktuPertumbuhan * VariasiKonsentrasi * JenisZPT	815.867	4	203.967	9.239	0.000
Error	1589.600	72	22.078		
<b>Total</b>	<b>12690.000</b>	<b>90</b>			
<b>Corrected Total</b>	<b>6993.822</b>	<b>89</b>			

Keterangan: terdapat perbedaan signifikan (Sig < 0,05), tidak terdapat perbedaan signifikan (Sig > 0,05)

**Tabel 2.** Hasil Analisis Uji *Three Way* ANOVA pada Parameter Panjang Akar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	41178.244 <sup>a</sup>	17	2422.250	31.266	0.000
Intercept	52015.348	1	52015.348	671.408	0.000
lamawaktupertumbuhan	21171.512	2	10585.756	136.640	0.000
variasikonsentrasi	140.009	2	70.005	.904	0.410
jenisZPT	14370.417	1	14370.417	185.492	0.000
lamawaktupertumbuhan * variasikonsentrasi	728.773	4	182.193	2.352	0.062
lamawaktupertumbuhan * jenisZPT	3929.992	2	1964.996	25.364	0.000
variasikonsentrasi * jenisZPT	26.076	2	13.038	0.168	0.845
lamawaktupertumbuhan * variasikonsentrasi * jenisZPT	811.465	4	202.866	2.619	0.042
Error	5577.990	72	77.472		
<b>Total</b>	<b>98771.582</b>	<b>90</b>			
<b>Corrected Total</b>	<b>46756.234</b>	<b>89</b>			

Keterangan: terdapat perbedaan signifikan (Sig < 0,05), tidak terdapat perbedaan signifikan (Sig > 0,05)

Berdasarkan [Tabel 1](#), dan [Tabel 2](#), diketahui jumlah akar memiliki nilai signifikansi 0,000. Panjang akar memiliki nilai signifikansi 0,042. Nilai signifikansi jumlah akar dan panjang akar menunjukkan bahwa P value < 0,005, sehingga terdapat pengaruh pada ekstrak tomat terhadap jumlah dan panjang akar *Ipomoea aquatica* Forssk. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter jumlah dan panjang akar. Oleh karena itu, diperlukan uji lanjut untuk membandingkan perlakuan yaitu dengan Uji LSD (*Least Significant Difference*). Hasil uji LSD (*Least Significant Difference*) pada jumlah dan panjang akar berdasarkan lama waktu pertumbuhan dan variasi konsentrasi disajikan pada [Tabel 3](#), dan [Tabel 4](#).

**Tabel 3.** Hasil Uji LSD (*Least Significant Difference*) Lama Waktu Pertumbuhan

Dependent Variable	(I) Lama Waktu	(J) Lama Waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Jumlah Akar	2 hari	4 hari	-4.0000*	1.74271	.024	-7.4656	-5.344
		8 hari	-11.9000**	1.74271	.000	-15.3656	-8.4344
	4 hari	2 hari	4.0000*	1.74271	.024	.5344	7.4656
		8 hari	-7.9000*	1.74271	.000	-11.3656	-4.4344
	8 hari	2 hari	11.9000**	1.74271	.000	8.4344	15.3656
		4 hari	7.9000*	1.74271	.000	4.4344	11.3656
Panjang Akar	2 hari	4 hari	-20.6517*	2.40441	.000	-25.4331	-15.8702
		8 hari	-37.5050**	2.40441	.000	-42.2864	-32.7236
	4 hari	2 hari	20.6517*	2.40441	.000	15.8702	25.4331
		8 hari	-16.8533*	2.40441	.000	-21.6348	-12.0719
	8 hari	2 hari	37.5050**	2.40441	.000	32.7236	42.2864
		4 hari	16.8533*	2.40441	.000	12.0719	21.6348

Keterangan: \*\*: berbeda sangat nyata, \*: berbeda nyata

**Tabel 4.** Hasil Uji LSD (*Least Significant Difference*) Variasi Konsentrasi

Dependent Variable	(I) Konsentrasi	(J) Konsentrasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Jumlah Akar	0.01	0.05	4.3000**	2.19653	.054	-.0680	8.6680
		0.1	4.2333*	2.19653	.057	-.1347	8.6014
	0.05	0.01	-4.3000**	2.19653	.054	-8.6680	.0680
		0.1	-0.0667	2.19653	.976	-4.4347	4.3014
	0.1	0.01	-4.2333*	2.19653	.057	-8.6014	.1347
		0.05	0.0667	2.19653	.976	-4.3014	4.4347
	0.01	0.05	0.3750	5.05680	.941	-9.6810	10.4310

Dependent Variable	(I) Konsentrasi	(J) Konsentrasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Panjang Akar	0.05	0.1	2.8133**	5.05680	.579	-7.2427	12.8693
		0.01	-0.3750	5.05680	.941	-10.4310	9.6810
	0.1	0.1	2.4383*	5.05680	.631	-7.6177	12.4943
		0.01	-2.8133**	5.05680	.579	-12.8693	7.2427
	0.1	0.05	-2.4383*	5.05680	.631	-12.4943	7.6177

Keterangan: \*\*: berbeda sangat nyata, \*: berbeda nyata

### Pembahasan

Hasil analisis statistik untuk jumlah akar pada Tabel 1 menunjukkan nilai signifikansi 0,000, artinya jenis ZPT, variasi konsentrasi ZPT, dan lama waktu pertumbuhan berpengaruh terhadap jumlah akar. Hasil uji LSD menunjukkan, terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan lama waktu pertumbuhan 2 hari dan 8 hari setelah tanam, dengan variasi konsentrasi ekstrak tomat 0,05% dan 0,1%. Selain jumlah akar, hasil analisis statistik untuk panjang akar pada Tabel 2 menunjukkan nilai signifikansi 0,042, artinya jenis ZPT, variasi konsentrasi ZPT, dan lama waktu pertumbuhan berpengaruh terhadap panjang akar. Hasil uji LSD menunjukkan, terdapat perbedaan yang nyata pada perlakuan lama waktu pertumbuhan 2 hari dan 8 hari setelah tanam, dengan variasi konsentrasi ekstrak tomat 0,01% dan 0,1%.

Perbedaan nyata pada parameter jumlah akar dan panjang akar disebabkan karena ekstrak tomat yang mengandung IAA, sitokinin, fenolik, vitamin, dan asam amino (Ali et al., 2021; Rugayah et al., 2021). Sitokinin yang terkandung dalam ekstrak tomat berperan dalam pembelahan sel dan pembentukan akar (Ambarwati et al., 2021; Dewi et al., 2021). Jumlah sitokinin yang optimum, menyebabkan sel merestematik yang berkontribusi pada peningkatan pembelahan sel, regenerasi jaringan, pengembangan organ baru, dan perpanjangan pertumbuhan akar tanaman bertambah banyak (Kholifah et al., 2022; Mubarak & Ratnasari, 2024). Selain pembelahan sel, sitokinin berperan mendorong pemanjangan sel (Dewi et al., 2021; Mokoginta et al., 2021). Pemanjangan sel oleh sitokinin juga tergantung dari adanya fitohormon lain, termasuk IAA (Atiek et al., 2022; Mokoginta et al., 2021).

IAA memacu terjadinya embriogenesis, organogenesis dan pertumbuhan akar (Ernita et al., 2023; Heriansyah & Indrawanis, 2020). Pertumbuhan panjang akar didorong oleh IAA yang terkandung pada ekstrak tomat yang diberikan secara eksogen yang berperan untuk memicu pertumbuhan dan pemanjangan akar (Atiek et al., 2022; Mazzoni-Putman et al., 2021). IAA pada ekstrak tomat berasal dari kandungan asam amino triptofan yang merupakan prekursor pembentukan auksin (Ernita et al., 2023; Shamita et al., 2022). Auksin eksogen masuk ke dalam sel melalui mekanisme proses absorpsi memengaruhi kelenturan dinding sel sehingga memicu ekstensibilitas dinding sel (Budi, 2020; Lakehal et al., 2019). Auksin di dalam sel kemudian memacu protein di membran plasma sel untuk memompa ion H<sup>+</sup> ke dinding sel (Pamungkas & Nopiyanto, 2020; Wulandari et al., 2019). Akibat adanya ion H<sup>+</sup> menyebabkan enzim menjadi aktif dan ikatan hidrogen pada selulosa terputus (Debitama et al., 2022; Mudedla et al., 2021).

Ion H<sup>+</sup> yang keluar dari sel menyebabkan pengasaman dinding sel yang menginduksi hiperpolarisasi membran plasma dengan bantuan protein *Small Auxin Up-RNA* (SAUR) (Du et al., 2020; Li et al., 2022). Dinding sel yang asam mengaktifasi ion K<sup>+</sup>, sehingga terjadi peningkatan konsentrasi K<sup>+</sup> di dalam sitosol meristem akar yang memicu potensi air di dalam sel berkurang (Du et al., 2020; Li et al., 2021). Berkurangnya potensi air di dalam sel memicu air masuk ke dalam sel melalui proses osmosis (Illahi et al., 2022; Nurita & Yuliani, 2023).

Selain IAA dan sitokinin, ekstrak tomat mengandung vitamin B1 (Nawariah et al., 2022; Rugayah et al., 2021). Vitamin B1 berperan untuk merangsang tumbuhnya akar (Labaik et al., 2021; Simanjuntak et al., 2021). Jumlah vitamin B1 yang optimum dapat meningkatkan akumulasi pigmen fotosintesis, mengurangi permeabilitas membran, mengaktifkan enzim antioksidan, dan mendorong pertumbuhan akar (Li et al., 2021; Simanjuntak et al., 2021).

Ekstrak tomat juga mengandung vitamin C dan senyawa fenolik (Hasfikasari et al., 2024; Yunita et al., 2023). Senyawa fenolik dan vitamin C merupakan antioksidan yang berperan sebagai pemulung radikal bebas (Hasfikasari et al., 2024; Yunita et al., 2023). Senyawa fenolik bertindak sebagai antioksidan dan melindungi akar dari stres oksidatif atau biotik (Barus et al., 2021; Hanifa & Widyaningsih, 2020). Senyawa fenolik merupakan pemulung radikal oksigen yang sangat baik karena potensi reduksi elektron dari radikal fenolik lebih rendah dibandingkan potensi reduksi radikal oksigen, dan juga karena radikal fenoksil umumnya kurang reaktif dibandingkan radikal oksigen (Asih et al., 2022; Yusop et al., 2020). Senyawa fenolik dalam jumlah yang optimum dapat merangsang pertumbuhan akar dengan memicu pembelahan sel dan pertumbuhan akar (Pooja & Sadatulla, 2022; Wulandari & Ratnasari, 2023). Oleh karena itu, senyawa

fenolik berperan penting dalam meningkatkan jumlah sel yang berkontribusi pada pembentukan dan perpanjangan akar, yang pada akhirnya mendukung sistem perakaran yang sehat dan efisien pada tanaman (Septiani et al., 2019; Yusop et al., 2020).

Berbeda dengan jumlah akar dan panjang akar, hasil analisis statistik untuk berat basah akar menunjukkan nilai signifikansi 0,187, artinya jenis ZPT, variasi konsentrasi ZPT, dan lama waktu pertumbuhan tidak berpengaruh terhadap berat basah akar. Berat basah akar yang tidak signifikan disebabkan karena konsentrasi IAA yang berlebihan. Konsentrasi IAA yang terlalu tinggi dalam ekstrak tomat dapat menghambat parameter berat basah akar tanaman (Hastuti, 2021; Sholeha et al., 2023). Konsentrasi IAA yang tinggi menyebabkan penyerapan nutrient pada tanaman berkurang sehingga mempengaruhi hasil fotosintesis (Alfiansyah et al., 2023; Mir et al., 2022). Hasil fotosintesis yang tidak optimal menyebabkan pembentukan sel-sel pada organ tanaman seperti akar, termasuk berat basah akar menjadi tidak optimal (Nugraheni et al., 2018; Pamungkas & Nopiyanto, 2020).

Selain berat basah, hasil analisis statistik untuk berat kering akar menunjukkan nilai signifikansi 0,864, artinya jenis ZPT, variasi konsentrasi ZPT, dan lama waktu pertumbuhan tidak berpengaruh terhadap berat kering akar. Berat kering akar yang tidak signifikan disebabkan karena konsentrasi IAA yang berlebihan. Konsentrasi IAA yang berlebihan dapat menghambat parameter berat kering akar pada tanaman (Pratama et al., 2022; Sholeha et al., 2023). Konsentrasi IAA yang berlebihan dapat mengurangi kemampuan akar untuk menyerap unsur hara sehingga pertumbuhan akar, termasuk berat kering akar menjadi tidak optimal (Mir et al., 2022; Pradita et al., 2022).

Penelitian memiliki kelebihan karena penggunaan ekstrak tomat sebagai zat pengatur tumbuh alami dapat menjadi solusi inovatif untuk pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk. Selain itu, ekstrak tomat dapat digunakan sebagai zat pengatur tumbuh alami yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan. Selain memiliki kelebihan, penelitian memiliki kekurangan, seperti diperlukan studi lebih lanjut mengenai efektivitas penggunaan ekstrak tomat sebagai zat pengatur tumbuh alami terhadap induksi pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan uji coba yang lebih luas dan mendalam untuk mengetahui pengaruh ekstrak tomat terhadap induksi pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk. Hendaknya penelitian ini dapat dijadikan bahan acuan atau rujukan untuk penelitian yang sejenis. Implikasinya, ekstrak tomat dapat menjadi alternatif penggunaan zat pengatur tumbuh alami yang lebih aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

#### 4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa, ekstrak tomat lebih baik dalam menginduksi pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk dibandingkan dengan IAA murni. Ekstrak tomat memiliki kandungan vitamin B1, IAA, makronutrien, dan mikronutrien yang secara aktivitas sinergis untuk mendorong pemanjangan sel dan pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk. Selain itu, dalam ekstrak tomat juga terdapat sitokinin, fenolik, vitamin, dan asam amino yang berperan memicu pemanjangan sel dan pertumbuhan akar. Dengan demikian, ekstrak tomat berpengaruh terhadap induksi pertumbuhan akar *Ipomoea aquatica* Forssk.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret yang telah memfasilitasi dan mendanai penelitian dengan nomor 18/UN27.02.3.1/RT.02/2024 serta semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Andres, J. (2021). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan (Selada *Lactuca Sativa* L) Secara Hidroponik. *Jurnal Pendas (Pendidikan Sekolah Dasar)*, 3(1), 21–27.
- Afifi, S. R., Setyanto, R. H., & Priadythama, I. (2024). Perancangan Core Meja pada Kursi Kuliah PPTI II Berbasis Serbuk Kayu Jati. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 3(1), 38–53.
- Alfiansyah, M. F., Zulkifli, L., & Rasmi, D. A. C. (2023). The Effect of Phosphate-Solubilizing Bacteria and IAA Producers from Cactus Rhizosphere on the Germination of *Vigna sinensis* L. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), 607–618. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5089>.
- Ali, M. Y., Sina, A. A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2021). Nutritional Composition and Bioactive Compounds in Tomatoes and Their Impact on Human Health and Disease: A Review. *Foods*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010045>.
- Alivianingsih, Y., Pramudi, M. I., & Fitriyanti, D. (2020). Efektivitas Rendaman Kulit Bawang Merah terhadap Hama Daun Tomat pada Masa Vegetatif. *Proteksi Tanaman Tropika*, 3(02), 200–203.

- Ambarwati, I. D., Alfian, F. N., & Dewanti, P. (2021). Respon Anggrek *Dendrobium* sp., *Oncidium* sp., dan *Phalaenopsis* sp. terhadap Pemberian Empat Jenis Nutrisi Organik yang Berbeda pada Tahap Regenerasi Planlet. *Agrikultura*, 32(1), 27. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v32i1.32366>.
- Andriyuni, W. A., Anggarwulan, E., & Pitoyo, A. (2020). Karakterisasi Meristem Ujung Tajuk Planlet *Dendrobium* (Orchidaceae) Setelah Penambahan Zat Pengatur Tumbuh BA (Benzyl Adenin). *Biological Journal of Indonesia*, 1, 1–5.
- Annisaturaida, Ashri, M., Putri, K. R. E., Wulansari, B. I., Maulida, Masrurah, A., Rahmah, A., Nadia, N. S., Nor, F. K., Ramadhanu, M. A., & Nasir, M. (2023). Pemanfaatan Buah Tomat Melalui Pelatihan Pembuatan Sirup Tomat di Desa Saka Lagun Kabupaten Kapuas. 4(4), 2110–2115. <https://doi.org/10.53696/27214834.648>.
- Ansoruddin, Hasibuan, S., Prasasti, T. A., Pane, H. yanti B. T., & Purba, D. W. (2023). Optimization of Vitamin B1 in Cuttings of Deli Guava (*Syzygium samarangense*) Shoots. *Journal of Sciencetech Research and Development*, 5(2), 15–29.
- Asih, D. J., Warditiani, N. K., & Wiarsana, I. G. S. (2022). Review Artikel: Aktivitas Antioksidan Ekstrak Amla (*Phyllanthus emblica* / *Emblica officinalis*). *Humantech Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(6), 674–687.
- Atiek, M. F., Nurcahyani, E., & Irawan, B. (2022). Pertumbuhan Vegetatif Eksplan Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Kultivar Atlantik pada Medium Murashige and Skoog dengan Penambahan Ekstrak Tomat (*Solanum Lycopersicum* L.) Secara In Vitro. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 10(3), 189–195. <https://doi.org/10.23960/jbt.v10.i3.24967>.
- Atif, M., Perveen, S., Parveen, A., & Saeed, F. (2024). Conjoint Effect of Indole - 3 - Acetic Acid and Vitamin B1 on Nutrient Acquisition and Seed Oil Physicochemical Properties of *Zea mays* L. Under Arsenic Intervention. *Journal of Plant Growth Regulation*, 0123456789, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11449-x>.
- Azhar, F., Bahar, E., & Wahyuni, R. R. (2021). Pengaruh beberapa Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Auksin terhadap Pertumbuhan Stek Jambu Air (*Syzygium aqueum*). *Jurnal Sungkai*, 9(2), 43–51.
- Barus, W. A., Munar, A., Sofia, I., & Lubis, E. (2021). Kontribusi Asam Salisilat untuk Ketahanan Cekaman Salinitas pada Tanaman. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*, 19(2), 11.
- Budi, R. S. (2020). Uji Komposisi Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Pertumbuhan Eksplan Pisang Barangan (*Musa paradisiaca* L.) pada Media MS secara in vitro. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 3(1), 101–111. <https://doi.org/10.30743/best.v3i1.2475>.
- Bunga, N. I. (2020). Nutrisi Organik Sistem Hidroponik Wick pada Tanaman Sawi dan Kangkung Nurfnin Ilma Bunga. *Jurnal Riset Unkrit*, 3(1), 1–13.
- Debitama, A. M. N. H., Mawarni, I. A., & Hasanah, U. (2022). Pengaruh Hormon Auksin sebagai Zat Pengatur Tumbuh pada Beberapa Jenis Tumbuhan Monocotyledoneae dan Dicotyledoneae. *Biodidaktika: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 17(1), 120–130.
- Dewi, L. K., Nurcahyani, E., Zulkifli, Z., & Lande, M. L. (2021). Efek Pemberian Ekstrak Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Terhadap Kandungan Karbohidrat dan Pertumbuhan Planlet Anggrek *Dendrobium striaenopsis*. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 19(1), 67–73. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v19i1.5473>.
- Du, M., Spalding, E. P., & Gray, W. M. (2020). Rapid Auxin-Mediated Cell Expansion. *Physiology & Behavior*, 71(1), 379–402. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-073019-025907>.
- Ernita, M., Utama, M. Z. H., Zahanis, Z., Ernawati, E., & Muarif, J. (2023). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Alami dan Sintetik terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Pre Nursey. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 7(2), 186–194. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v7i2.356>.
- Gangopadhyay, M., Das, A. K., Bandyopadhyay, S., & Das, S. (2021). Water Spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) Breeding Chapter. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* (Issue 10). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66969-0>.
- Georgaki, E., Nifakos, K., Kotsiras, A., Fanourakis, D., Tsaniklidis, G., Delis, C., & Spiliopoulos, I. K. (2023). Comparison of Nutrient Composition and Antioxidant Activity of Hydroponically Grown Commercial and Traditional Greek Tomato Cultivars. *Horticulturae*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020163>.
- Hanifa, N. I., & Widyaningsih, W. (2020). Efek Hepatoprotektif Ekstrak Etanol Daun Sidaguri (*Sida rhombifolia* L.) terhadap Aktivitas Alkalin Fosfatase Serum Tikus yang diinduksi Karbon Tetraklorida. *Acta Pharmaciae Indonesia: Acta Pharm Indo*, 8(2), 45–52. <http://jos.unsoed.ac.id/index.php/api/article/view/2929>.
- Hasan, F., & Pakaya, N. (2020). Perbedaan Jenis Komposisi media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir) dalam Polibag. *Jurnal Agercolere*, 2(1), 17–23.

- <https://doi.org/10.37195/jac.v2i1.101>.
- Hasfikasari, P., Faradiba, & Amin, A. (2024). Review Artikel: Aktivitas Antioksidan Ekstrak Buah Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Makassar Natural Product Journal*, 2(5), 2024–2067. <https://journal.farmasi.umi.ac.id/index.php/mnpj>.
- Hastuti, D. (2021). Pengendalian Gulma Jajagoan (*Echinochloa crus-galli*) dengan Herbisida Nabati dari Ekstrak Daun Tembelekan (*Lantana camara*). *Jurnal Ilmu Pertanian Tirtayasa*, 3(2), 327–338. <https://doi.org/10.33512/jipt.v3i2.13739>.
- Heriansyah, P., & Indrawanis, E. (2020). Uji Tingkat Kontaminasi Eksplan Anggrek *Bromheadia finlysoniana* L.miq dalam Kultur In-Vitro dengan Penambahan Ekstrak Tomat. *Jurnal Agroqua*, 18(2), 115–125. <https://doi.org/10.32663/ja.v18i2.1502>.
- Horhoruw, W. M., & Rajab, R. (2019). Bobot Potong, Karkas, Giblet dan Lemak Abdominal Ayam Broiler yang Diberi Gula Merah dan Kunyit dalam Air Minum Sebagai Feed Additive. *Agrinimal*, 7(2), 53–58. <https://doi.org/10.30598/ajitt.2019.7.2.53-58>.
- Illahi, A. K., Ratnasari, E., & Dewi, S. K. (2022). Pengaruh 2, 4-D terhadap Pertumbuhan Kalus Daun *Diospyros discolor* Willd pada Media MS secara In Vitro. *Lentera Bio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(3), 369–377.
- Indraswari, N. M. wedhamurthi D., Sudantha, I. M., & Nurrachman. (2023). Pengaruh Konsentrasi Bioaktivator Dan Biourin Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kangkung (*Ipomea reptans*) Sistem Perbanyak Biji. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.29303/jima.v2i1.2122>.
- Jumaini, & Astija. (2021). Kandungan Vitamin C dari Buah Tomat pada Tingkat Kematangan yang Berbeda. *Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(2), 92–98.
- Junairiah, J., Amalia, N. S., Manuhara, Y. S. W., Ni'matuzahroh, N., & Sulistyorini, L. (2019). Pengaruh Variasi Zat Pengatur Tumbuh IAA, BAP, Kinetin terhadap Metabolit Sekunder Kalus Sirih Hitam (*Piper betle* L. Var *Nigra*). *Jurnal Kimia Riset*, 4(2), 121. <https://doi.org/10.20473/jkr.v4i2.16898>.
- Kaboré, K., Konaté, K., Sanou, A., Dakuyo, R., Sama, H., Santara, B., Compaoré, E. W. R., & Dicko, M. H. (2022). Tomato By-Products, a Source of Nutrients for the Prevention and Reduction of Malnutrition. *Nutrients*, 14(14), 2–16.
- Kholifah, N., Shofiyani, A., Purnawanto, A. M., & Puspawiningtiyas, E. (2022). Pengaruh Konsentrasi NAA dan TDZ (Thidiazuron) terhadap Organogenesis Kalus Kencur (*Kaempferia galanga* L.). *Agritech : Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 24(2), 153–160. <https://doi.org/10.30595/agritech.v24i2.14755>.
- Kusbianto, D. E., Rosyadi, M. G., Setiyono, S., & Subroto, G. (2021). Pengaruh Beberapa Sumber Auksin terhadap Tingkat Keberhasilan Perbanyakan Kopi dengan Metode Sambung-Stek. *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 19(2), 166–173. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v19i2.6055>.
- Labaik, A. T., Istianingrum, P., Banyuwangi, U. A., Laksda, J., Sucipto, A., Baru, T., Banyuwangi, U. A., Laksda, J., Sucipto, A., Baru, T., Banyuwangi, U. A., Laksda, J., Sucipto, A., & Baru, T. (2021). Pengaruh Asam Amino dan Vitamin B1 Terhadap pertumbuhan dan Hasil Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*) Varietas Madris secara Hidroponik. *Journal of Sustainable Agriculture and Fisheries (JoSAF)*, 1(1), 25–33.
- Laili, S. (2022). Pengaruh Pemberian POC Fermentasi Buah Maja dan NUPOC Metode Hidroponik Rakit Apung dengan Styrofoam terhadap Pertumbuhan *Ipomoea aquatica*. *Agrikan*, 15(1), 50–56.
- Lakehal, A., Chaabouni, S., Cavel, E., Le Hir, R., Ranjan, A., Raneshan, Z., Novák, O., Păcurar, D. I., Perrone, I., Jobert, F., Gutierrez, L., Bakò, L., & Bellini, C. (2019). A Molecular Framework for the Control of Adventitious Rooting by TIR1/AFB2-Aux/IAA-Dependent Auxin Signaling in Arabidopsis. *Molecular Plant*, 12(11), 1499–1514. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.09.001>.
- Li, J., Guo, Y., & Yang, Y. (2022). The Molecular Mechanism of Plasma Membrane H<sup>+</sup>-ATPases in Plant Responses to Abiotic Stress. *Journal of Genetics and Genomics*, 49(8), 715–725. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2022.05.007>.
- Li, L., Verstraeten, I., Roosjen, M., Takahashi, K., Rodriguez, L., Merrin, J., Chen, J., Shabala, L., Smet, W., Ren, H., Vanneste, S., Shabala, S., De Rybel, B., Weijers, D., Kinoshita, T., Gray, W. M., & Friml, J. (2021). Cell Surface and Intracellular Auxin Signalling for H<sup>+</sup> Fluxes in Root Growth. *Nature*, 599(7884), 273–277. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04037-6>.
- Li, Y., Yang, C., Ahmad, H., Maher, M., Fang, C., & Luo, J. (2021). Benefiting Others and Self: Production of Vitamins in Plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 63(1), 210–227. <https://doi.org/10.1111/jipb.13047>.
- Madusari, S., Suryanto, T., Sa'dun, & Hidayat, S. (2019). Deskripsi Morfologi dan Biomassa Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Penambahan Amelioran Kompos Eceng Gondok pada Media Tumbuh Subsoil. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 11(3), 283–292.



- [https://journal.cwe.ac.id/index.php/jurnal\\_citrawidyaedukasi/article/view/210](https://journal.cwe.ac.id/index.php/jurnal_citrawidyaedukasi/article/view/210).
- Magani, A. K., Tallei, T. E., & Kolondam, B. J. (2020). Uji Antibakteri Nanopartikel Kitosan terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Bios Logos*, 10(1), 7. <https://doi.org/10.35799/jbl.10.1.2020.27978>.
- Mazzoni-Putman, S. M., Brumos, J., Zhao, C., Alonso, J. M., & Stepanova, A. N. (2021). Auxin Interactions with Other Hormones in Plant Development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(10). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a039990>.
- Mir, A. R., Alam, P., & Hayat, S. (2022). Auxin Regulates Growth, Photosynthetic Efficiency and Mitigates Copper Induced Toxicity Via Modulation of Nutrient status, sugar metabolism and Antioxidant Potential in *Brassica juncea*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 185(June), 244–259. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.06.006>.
- Mokoginta, B., Doodoh, B., & Sumampow, D. M. F. (2021). Penggunaan Zat Pengatur Tumbuh Sitokinin dan Ekstrak Bahan Organik terhadap Pertumbuhan Anggrek *Dendrobium* secara In-Vitro. *Jurnal Pro-Live*, 3(2), 143–152.
- Molina, R., Rohaya, S., & Haryani, S. (2022). Kajian Literatur Pembuatan Produk Manisan Tomat Kering (Production of Candied Dried Tomatoes: A Mini Review). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 381–385.
- Morris, R. J., & Blyth, M. (2019). How Water Flow, Geometry and Material Properties Drive Plant Movements. *Journal of Experimental Botany*, 70(14).
- Mubarak, M. Z., & Ratnasari, E. (2024). Multiplikasi Planlet *Musa acuminata* C. dengan Penambahan NAA dan Air Kelapa Secara In-vitro. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 13(2), 205–211. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v13n2.p205-211>.
- Mudedla, S. K., Vuorte, M., Veijola, E., Marjamaa, K., Koivula, A., Linder, M. B., Arola, S., & Sammalkorpi, M. (2021). Effect of Oxidation on Cellulose and Water Structure: a Molecular Dynamics Simulation Study. *Cellulose*, 28(7), 3917–3933. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03751-8>.
- Musdalipa, Nohong, B., & Rinduwati. (2023). Karakteristik Perkecambahan Benih Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) Menggunakan Berbagai Jenis Zat Pengatur Tumbuh. *Buletin Nutrisi Dan Makanan Ternak*, 17(1), 81–92.
- Mustofa, I., Baihaqi, M. A., & Badar, Z. A. (2022). The Application of Sustainable Organic Farming with Hydroponic System for Farmers in Gending Village. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*, 7(1), 153–161. <https://doi.org/10.26905/abdimas.v7i1.6334>.
- Nadila, Ariah, M. N., Nurshakila, F. R. A., Vlorens, & Zulfadli. (2020). Studi Variasi Morfologi Genus *Ipomoea* di Kota Tarakan. *Borneo Journal of Biology Education*, 2(1), 33–41. <https://doi.org/10.35334/bjbe.v2i1.1738>.
- Nawariah, S., Fajri, S. R., & Royani, I. (2022). Efektivitas Pemanfaatan Kulit Bawang Merah dan Air Cucian Beras sebagai Zat Pengatur Tumbuh bagi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* Mill.) dalam Praktikum Fisiologi Tumbuhan. *Educatoria: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendiikan*, 2(3), 156–167.
- Nazir, U., Gul, Z., Shah, G. M., & Khan, N. I. (2022). Interaction Effect of Auxin and Cytokinin on in Vitro Shoot Regeneration and Rooting of Endangered Medicinal Plant *Valeriana jatamansi* Jones through Tissue Culture. *American Journal of Plant Sciences*, 13(02), 223–240. <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.132014>.
- Ningsih, E. P., & Rohmawati, I. (2019). Respon Stek Pucuk Tanaman Miana (*Coleus Atropurpureus* (L.) Benth) Terhadap Pemberian Zat Pengatur Tumbuh. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(2), 277–281. <https://doi.org/10.29303/jbt.v19i2.1246>.
- Nugraheni, F. T., Haryanti, S., & Prihastanti, E. (2018). Pengaruh Perbedaan Kedalaman Tanam dan Volume Air terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Benih Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3(2), 223–232. <https://doi.org/10.14710/baf.3.2.2018.223-232>.
- Nurita, F. D., & Yuliani. (2023). Pengaruh Kombinasi Auksin dan Giberelin terhadap Pertumbuhan dan Partenokarpi pada Tanaman Terung (*Solanum melongena* var. Gelatik). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(3), 457–465. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p457-465>.
- Nurlyana, S., Suhaimi, L., & Desiasni, R. (2023). Biosintesis Lapisan Tipis Seng Oksida (ZnO) Doping Magnesium (Mg) menggunakan Ekstrak Temu Kunci (*Boesenbergia Pandurata*): Variasi Konsentrasi ZnO. *UTS Student Conference*, 1(1), 184–189.
- Pamungkas, S. S. T., & Nopiyan, R. (2020). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Alami Dari Ekstrak Tauge Terhadap Pertumbuhan Pembibitan Budchip Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Varietas Bululawang (BL). *Mediagro*, 16(1), 68–80.
- Pooja, H. S., & Sadatulla, F. (2022). Effect of Indole-3-Butyric Acid on Growth of V-1 Mulberry Cuttings with Varying Number of Buds in Bangalore. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(24), 9–13. <https://doi.org/10.9734/ijps/2022/v34i242608>.

- Pradita, A. I., Kasifah, K., Firmansyah, A. P., & Pudji, N. P. (2022). Pertumbuhan Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Baang Merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal AGrotekMAS*, 3(1), 74–85. <https://doi.org/10.33096/agrotekmas.v3i1.203>.
- Pratama, W. A., Prijanto, B., & Pikir, J. S. (2022). Penaruh Panjang Stek dan Konsentrasi Hormon IBA terhadap Pertumbuhan Bibit Stek Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* L.). *Jurnal Agrotech*, 12(2), 87–94. <https://doi.org/10.31970/agrotech.v12i2.99>.
- Putri, A. W. (2021). Implementasi Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation untuk Klasifikasi Jenis Penyakit pada Daun Tanaman Tomat. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 9(2), 344–350. <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v9n2.p344-350>.
- Putri, O. D., Sutini, & Suhardjono, H. (2023). Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Padi Beras Merah (*Oryza nivara*) melalui Penambahan Pupuk Nanosilika pada Sistem Rooftop Farming. *Jurnal Agroqua*, 21(2). <https://doi.org/10.32663/ja.v21i2.4058>.
- Rahi, A. A., Anjum, M. A., Mirza, J. I., Ali, S. A., Marfo, T. D., Fahad, S., Danish, S., & Datta, R. (2021). Yield Enhancement and Better Micronutrients Uptake in Tomato Fruit Through Potassium Humate Combined with Micronutrients Mixture. *Agriculture (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture11040357>.
- Rostami, S., & Azhdarpoor, A. (2019). The Application of Plant Growth Regulators to Improve Phytoremediation of Contaminated Soils: A Review. *Chemosphere*, 220, 818–827. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.203>.
- Rugayah, Suherni, D., Ginting, Y. C., & Karyanto, A. (2021). The Effect of Shallot and Tomato Extract Concentrations on the Growth of Mangosteen Seedling (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 12(1), 42–50. <https://doi.org/10.29244/jhi.12.1.42-50>.
- Rusu, O. R., Mangalagiu, I., Amăriucăi-Mantu, D., Teliban, G. C., Cojocaru, A., Burducea, M., Mihalache, G., Roșca, M., Caruso, G., Sekara, A., & Stoleru, V. (2023). Interaction Effects of Cultivars and Nutrition on Quality and Yield of Tomato. *Horticulturae*, 9(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050541>.
- Sari, M. E., Wahdah, R., & Fredricus, B. (2022). Pengaruh Priming dengan Ekstrak Tomat dan Lama Perendaman dengan *Pseudomonas fluorescens* Terhadap Viabilitas benih Terung Borneo Lu (*Solanum melongena* L.). *EnviroScientiae*, 18(2), 193. <https://doi.org/10.20527/es.v18i2.14822>.
- Sari, R., Paserang, A. P., Pitopang, R., & Suwastika, I. N. (2019). Induksi Kalus Tanaman Kentang Dombu (*Solanum tuberosum* L.) secara In Vitro dengan Penambahan Ekstrak Tomat dan Air Kelapa. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(1), 20–27. <https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i1.12632>.
- Septiani, D., Hastuti, E. D., & Darmanti, S. (2019). Efek Alelokimia Ekstrak Daun Babandotan (*Ageratum Conyzoides* L.) terhadap Kandungan Pigmen Fotosintetik dan Pertumbuhan Gulma Rumput Belulang (*Eleusine Indica* (L.) Gaertn). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 4(1), 1–7.
- Shamita, A., Nurchayati, Y., & Setiari, N. (2022). Respon Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang diberi Perlakuan Jenis Pupuk Organik dan Anorganik pada Media Pasir Pantai. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 7(2).
- Shi, B., & Vernoux, T. (2019). Patterning at The Shoot Apical Meristem and Phyllotaxis. *Current Topics in Developmental Biology*, 131, 81–107. <https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.10.003>.
- Sholeha, N., Hidayat, R., & Dewanti, F. D. (2023). Pengaruh Sumber Stek dan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Rootone-F terhadap Pertumbuhan Stek Tanaman Cabe Jamu (*Piper retrofractum* Vahl.). *Agro Bali : Agricultural Journal*, 6(3), 750–760. <https://doi.org/10.37637/ab.v6i3.1319>.
- Simanjuntak, M., Payung, D., & Naemah, D. (2021). Pengaruh Pemberian ekstrak Bawang Merah terhadap Pertumbuhan Bibit Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.). *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(5), 918. <https://doi.org/10.20527/jss.v4i5.4216>.
- Solano, C., Artola, A., Barrena, R., Ballardo, C., & Sánchez, A. (2023). Effect of the Exogenous Application of Different Concentrations of Indole-3-Acetic Acid as a Growth Regulator on Onion (*Allium cepa* L.) Cultivation. *Agronomy*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/agronomy13092204>.
- Sonntag, F., Naumann, M., Pawelzik, E., & Smit, I. (2019). Improvement of cocktail tomato yield and consumer-oriented quality traits by potassium fertilization is driven by the cultivar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3350–3358. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9552>.
- Sousa, D., Mindari, W., & Augustien, N. (2020). The Effect of Kinds of Plant Media Contaminated with Factory Waste on Vegetative Growth of Corn Plant (*Zea mays*) and Rice Plant (*Oriza Sativa*). 2020, 48–61. <https://doi.org/10.11594/nstp.2020.0606>.
- Sriwening, P. I., & Susanti, M. M. (2022). Kualitas Mutu Sabun Cair Organik Berbahan Dasar Minyak Jarak Dan Soda Qie. *Indonesian Journal on Medical Science*, 9(2), 155–160. <https://doi.org/10.55181/ijms.v9i2.370>.

- Sunarpi, H., Kurnianingsih, R., Ghazali, M., Fanani, R. A., Sunarwidhi, A. L., Widyastuti, S., Nikmatullah, A., & Prasedya, E. S. (2020). Evidence for the presence of growth-promoting factors in Lombok *Turbinaria murayana* extract stimulating growth and yield of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Plant Nutrition*, 43(12), 1813–1823. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1750642>.
- Tanjung, T. Y., & Darmansyah. (2021). Pengaruh Penggunaan ZPT Alami dan Buatan Terhadap Pertumbuhan Setek Tanaman Delima (*Punica granatum* L.). *Jurnal Hortuscoler*, 2(1), 6–13.
- Utari, V. F. (2023). Toleransi Varietas Jagung (*Zea mays*) terhadap Cekaman Kekeringan pada Fase Perkecambahan dan Vegetatif menggunakan Tingkat Konsentrasi PEG 6000. *Journal of Agrosociology and Sustainability*, 1(1), 1–15. <https://doi.org/10.61511/jassu.v1i1.2023.56>.
- Wisuda, N. L., Silviana, & Yuliani, F. (2023). Efektivitas Konsentrasi Ekstrak Kecambah Kacang Hijau dan Komposisi Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Regenerasi Eksplan *Artemisia* (*Artemisia annua* L.) Secara In Vitro. *Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.24176/mjagrotek.v2i1.10436>.
- Wulandari, P., & Ratnasari, E. (2023). Pengaruh Aplikasi Dekamon dan Limbah Cangkang Telur Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Tomat Cherry Varietas Mini Chung (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 12(3), 405–411. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v12n3.p405-411>.
- Wulandari, Y. R. E., Hartanti, A. T., & Atviano, B. (2019). The Urban Farming dengan Hidroponik Menggunakan Zat Pengatur Tumbuh untuk Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Kangkung. *Jurnal Perkotaan*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.25170/perkotaan.v11i1.582>.
- Yamamoto, Y. (2019). Aluminum Toxicity in Plant Cells: Mechanisms of Cell Death and Inhibition of Cell Elongation. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(1), 41–55. <https://doi.org/10.1080/00380768.2018.1553484>.
- Yunita, Y., Izzah, N., Amalia, A., Harnelly, E., Masykur, M., Siregar, Z., & Rizki, A. (2023). Effect of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Extract on Height and Number of Roots in Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) Subculture Plantlet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1183(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012024>.
- Yusop, N. M., Hishammudin, M. Z., Yahaya, N., Ishak, N., Ramlee, N. F., & Zaini, Z. H. (2020). GC-MS Screening of Metabolites and Antioxidant Properties in Four Variants of *Solanum Lycopersicum* (Tomato). *Jurnal Kejuruteraan Dan Sains Kesihatan*, 4(2020), 61–82.
- Zhukovskaya, N. V., Bystrova, E. I., Lunkova, N. F., & Ivanov, V. B. (2020). Root Growth at the Cellular Level in Plants of Different Species: Comparative Analysis. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(4), 618–625. <https://doi.org/10.1134/S1021443720040214>.