



Pengaruh Fotoperiode dan Konsentrasi Sukrosa terhadap Pertumbuhan Planlet Kentang *In Vitro*

Fina Rohmatul Ummah^{1*}, Avisema Sigit Saputro¹, Dewi Ratna Nurhayati¹

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Slamet Riyadi Surakarta
Jalan Sumpah Pemuda No 18, Kadipiro, Banjarsari, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia 57136

*e-mail korespondensi: finarohma3@gmail.com

ABSTRACT

In vitro culture is a technique of isolating the apical part or organ of a plant to be grown on an artificial medium that contains nutrients and growth regulators under aseptic conditions. This study aimed to test the main effects of photoperiod and sucrose concentration, and their interaction, on plantlet height, number of leaves, leaf color, root emergence time, and dry biomass of *in vitro* potato plantlets. The research was carried out from February to March 2026. The study took place at the Food Crops and Horticultural Seed Garden Laboratory, Kledung, Temanggung, Central Java. This research used a two-factor experiment with a split-plot design, followed by Tukey test. The main plot was photoperiod (0 hours/day, 6 hours/day, 12 hours/day, 24 hours/day), and the sub-plot was sucrose concentration (0 g/L, 30 g/L, 60 g/L, 90 g/L). There were 16 treatment combinations, each repeated three times. A photoperiod of 0 hours/day resulted in the tallest plantlets, reaching 12.59 cm, but caused etiolation. Sucrose concentration influenced all the observed parameters, with 60 g/L producing the tallest plantlets at 15.66 cm. There was also an interaction between photoperiod and sucrose concentration affecting plantlet height, root emergence time, number of leaves, leaf color, number of roots, and biomass weight. The combination of a 0-hour/day photoperiod and 60 g/L sucrose produced the tallest plantlets, which was 22.52 cm.

Keyword : Photoperiod, Potato, Sucrose, Tissue Culture.

ABSTRAK

Kultur *in vitro* merupakan teknik perbanyakan tanaman secara aseptik menggunakan organ tanaman yang ditumbuhkan pada media buatan yang kaya nutrisi dan zat pengatur tumbuh. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh fotoperiode, konsentrasi sukrosa dan interaksi keduanya terhadap tinggi planlet, jumlah daun, warna daun, waktu muncul akar dan bobot brangkas kering planlet *in vitro*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Maret 2026. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kebun Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura, Kledung, Temanggung, Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan percobaan dua faktor dengan rancangan petak terbagi (split plot) yang di uji lanjut dengan uji beda nyata jujur (BNJ). Petak utama yaitu fotoperiode (0 jam/hari, 6 jam/hari, 12 jam/hari, 24 jam/hari) anak petak yaitu konsentrasi sukrosa (0 g/L, 30 g/L, 60 g/L, 90 g/L). Terdapat 16 kombinasi perlakuan dengan tiga ulangan. Fotoperiode 0 jam/hari menghasilkan tinggi planlet tertinggi, yaitu 12,59 cm, tetapi menyebabkan etiolasi. Konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap seluruh parameter pengamatan, dengan 60 g/L menghasilkan tinggi planlet tertinggi, yaitu 15,66 cm. Terdapat interaksi fotoperiode dan konsentrasi sukrosa terhadap tinggi planlet, jumlah daun, warna daun, waktu muncul akar, dan berat brangkas kering. Kombinasi fotoperiode 0 jam/hari dan sukrosa 60 g/L menghasilkan tinggi planlet tertinggi, yaitu 22,52 cm.

Kata Kunci : Fotoperiode, Kentang, Kultur jaringan, Sukrosa



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) menjadi komoditas tanaman pangan yang diminati setelah padi dan jagung oleh masyarakat Indonesia. Sebagai tanaman pangan kentang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Menurut *United States Department of Agriculture* (USDA) (2024) dalam 100 gram kentang mengandung 83,3 gram air, 12,4 g karbohidrat, 413 mg kalium, 2,57 gram protein dan 2,5 gram serat. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk permintaan pasar terhadap kentang mengalami peningkatan, mengingat kentang sebagai sayuran harian dan berkembangnya industri pengolahan pangan (Yulinarti et al., 2021)

Berdasarkan data BPS (2024) produksi kentang di Indonesia turun dari 1.503.998 ton pada tahun 2022 menjadi 1.248.513 ton pada tahun 2023 (penurunan 17,0%), kemudian naik tipis menjadi 1.270.449 ton pada tahun 2024 (kenaikan 1,8% dibandingkan 2023). Dibandingkan tahun 2022, produksi tahun 2024 masih lebih rendah 15,5%. Menurut Hamdani et al., (2020) kendala produksi kentang di Indonesia salah satunya ketersediaan benih kentang dengan kualitas unggul serta kuantitas benih yang belum memenuhi permintaan petani kentang. Penggunaan benih yang bermutu mampu mendorong pertumbuhan yang seragam, masak serempak, produksi tinggi dan meningkatkan efisiensi penggunaan benih (Antoro A & Setiono, 2022)

Salah satu cara dalam mendapatkan bibit kentang yang berkualitas melalui teknik kultur jaringan. Kultur jaringan merupakan teknik mengisolasi bagian apikal atau organ tanaman untuk ditumbuhkan secara aseptik pada media buatan yang mengandung nutrisi dan zat pengatur tumbuh (Muflihah et al., 2024). Keunggulan kultur jaringan antara lain menghasilkan bibit bebas patogen, seragam, tidak bergantung pada musim, dapat diperbanyak dalam jumlah banyak dalam waktu singkat, serta memungkinkan pengendalian suhu, kelembaban, dan nutrisi secara optimal pada lingkungan yang terkontrol. Tingkat keberhasilan kultur jaringan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kondisi lingkungan, komposisi media, nutrisi dan pH. Kondisi lingkungan yang sangat mempengaruhi pertumbuhan eksplan kentang adalah lama penyinaran (fotoperiode) sedangkan komposisi media yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan eksplan salah satunya karbohidrat (Fazira et al., 2024).

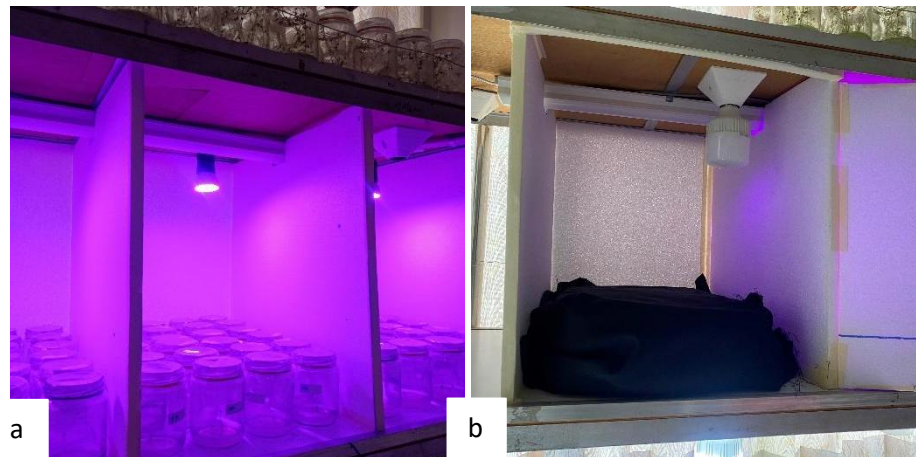
Fotoperiode berperan dalam mengatur aktivitas fotosintesis, sintesis klorofil, morfogenesis dan diferensiasi jaringan, sehingga ketidaksesuaian durasi cahaya dapat menyebabkan etiolasi, klorosis dan pertumbuhan yang tidak optimal (Loi et al., 2022). Perbedaan lama penyinaran berdampak pada tinggi tanaman, jumlah daun dan kadar klorofil planlet kentang. Menurut Waruwu et al., (2024) Fotoperiode yang terlalu singkat menghambat pembentukan klorofil dan perkembangan pucuk. Sukrosa adalah sumber karbon yang umum digunakan planlet sebagai sumber energi eksternal dalam pertumbuhan *in vitro*. Menurut Chairunnisa & Apriliani, (2024) Sukrosa pada media kultur *in vitro* berfungsi sebagai sumber energi utama dalam menyusun rangka karbon dan mendukung proses biosintesis serta pembentukan struktur pada tanaman. Selain itu, sukrosa dengan konsentrasi yang tinggi pada media kultur *in vitro* dapat memacu pertumbuhan tunas dan pemanjangan ruas tanaman (Kusparwanti et al., 2022).

Penelitian tentang pengaruh fotoperiode dan konsentrasi sukrosa pada planlet kentang umumnya dilakukan secara terpisah. Fazira et al. (2024) mengkaji fotoperiode bersama kinetin, sedangkan Firgiyanto et al. (2022) mengkaji konsentrasi gula bersama paklobutrazol pada pengumbian kentang. Penelitian yang menguji cahaya dan sukrosa secara bersamaan pada kentang, seperti Mardiana & Sumarji (2022) dan Elfatah et al. (2024), berfokus pada pembentukan umbi mikro atau respons morfogenik eksplan dengan zat pengatur tumbuh, sehingga pengaruh interaksi keduanya terhadap pertumbuhan planlet kentang *in vitro* sehingga, dapat memberikan rekomendasi kondisi kultur yang optimal.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Maret 2026. Lokasi penelitian di Laboratorium Kebun Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura, Kledung, Temanggung, Jawa Tengah. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, lampu light grow LED 10 watt tipe SDM 2835 dengan LED Qty 34 merah dan 24 biru yang dipasang dengan jarak 15 cm dari botol kultur, timbangan analitik, gelas ukur, kertas lakmus, autoklaf, pipet, botol kultur jaringan, sprayer, *laminar air flow cabinet*, cawan petri, *hot plate*, magnetic stirrer, spidol permanen, gunting, pinset, bunsen, kain hitam, oven, desikator dan kamera untuk dokumentasi. Bahan tanaman yang digunakan adalah eksplan kentang berupa stek pucuk hasil perbanyakan *in vitro*, yang didapatkan dari Laboratorium Kebun Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Kledung. Media dasar adalah media MS (Murashige dan Skoog). Bahan lain yang digunakan yaitu unsur hara makro dan mikro, vitamin, aquades, agar-agar, sukrosa, alkohol 70%, spiritus, plastik, karet gelang dan tisu.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Petak Terbagi (*Split Plot*) dengan rancangan lingkungan acak lengkap. Perlakuan Fotoperiode dengan 4 taraf yaitu 0 jam/hari, 6 jam/hari, 12 jam/hari, dan 24 jam/hari ditetapkan sebagai petak utama. Perlakuan konsentrasi sukrosa dengan 4 taraf yaitu 0 g L⁻¹, 30 g L⁻¹, 60 g L⁻¹ dan 90 g L⁻¹ sebagai anak petak. Petak utama berupa fotoperiode yang diulang sebanyak 3 kali. Penempatan botol diacak secara homogen di dalam setiap taraf fotoperiode, sedangkan taraf sukrosa sebagai anak petak di acak pada botol kultur di dalam setiap petak utama. Kombinasi perlakuan terdiri atas 16 kombinasi dan diulang sebanyak tiga kali ulangan, sehingga terdapat 48 satuan percobaan. Setiap botol kultur berisi 2 planlet dan dianggap sebagai satu unit percobaan; data kedua planlet dalam botol yang sama dirata-ratakan sehingga setiap botol menghasilkan satu nilai pengamatan, karena dua planlet dalam satu botol bukan ulangan yang independen. Data dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) petak terbagi menggunakan model $Y_{ijk} = \mu + K_k + \alpha_i + \delta_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$, dengan α_i pengaruh fotoperiode (petak utama), δ_{ik} galat petak utama (galat a), β_j pengaruh sukrosa (anak petak), $(\alpha\beta)_{ij}$ interaksi, dan ϵ_{ijk} galat anak petak (galat b). Pengaruh fotoperiode diuji dengan kuadrat tengah galat a, sedangkan pengaruh sukrosa dan interaksi diuji dengan kuadrat tengah galat b. Peubah yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5% menggunakan galat anak petak dan derajat bebas pada masing-masing perlakuan. Analisis dilakukan menggunakan SPSS dan ms.excel.



Gambar 1. Instalasi perlakuan fotoperiode
a) fotoperiode 6, 12, 24 jam/ hari b) fotoperiode 0 jam/hari

Penelitian diawali dengan penyiapan rak kultur yang diberi sekat menggunakan *styrofoam* dan dilengkapi lampu yang terhubung dengan timer sesuai perlakuan fotoperiode. Alat tanam seperti pinset, cawan dan gunting disterilisasi menggunakan autoklaf di suhu 121 °C dengan tekanan 17,5 psi selama 1 jam. Media kultur menggunakan medium *Murashige dan Skoog* (MS) dengan penambahan sukrosa sesuai perlakuan, yaitu 0, 30, 60, dan 90 g/ L. pH media diatur menjadi 5,8, kemudian media dipanaskan, dimasukkan ke dalam botol sebanyak 25 mL, dan disterilisasi menggunakan autoklaf di suhu 121 °C selama 1 jam. Media diinkubasi selama 1 minggu sebelum digunakan. Proses penanaman eksplan dilakukan di dalam laminar *air flow cabinet* secara aseptik. Eksplan kentang diambil bagian pucuk sepanjang satu ruas berukuran 0,5–1 cm. Botol kultur kemudian ditempatkan pada rak instalasi sesuai perlakuan fotoperiode dengan suhu ruang kultur 20 °C.



Gambar 2. Acuan pengamatan warna daun menggunakan tabel BWD

Parameter yang diamati yaitu, tinggi planlet, jumlah daun, warna daun, waktu muncul akar dan bobot kering. Tinggi planlet, jumlah daun dan warna daun diamati setiap 7 hari hingga 49 HST. Data yang dianalisis dan disajikan pada tabel 1-5 adalah data pengamatan 49 HST. Tinggi planlet diukur dari permukaan atas media hingga titik tumbuh menggunakan penggaris yang dinyatakan dalam cm. Daun yang dihitung yaitu daun yang telah membuka sempurna dengan satuan helai. Pengamatan warna daun menggunakan skala bagan warna daun (BWD) dengan skor 1-5 (Gambar 2). Waktu muncul akar diamati setiap hari dan dicatat saat akar pertama kali muncul, kemudian dinyatakan dalam HST. Bobot brangkas

kering diperoleh setelah bahan tanaman di oven di suhu 75 °C selama 48 jam dan ditimbang menggunakan timbangan analitik. Hasil pengamatan bobot brangkasan kering dinyatakan dalam gram (g).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) berdasarkan rancangan petak terbagi (split plot). Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh fotoperiode sebagai petak utama, konsentrasi sukrosa sebagai anak petak, serta interaksi kedua faktor terhadap seluruh parameter pengamatan. Ringkasan hasil analisis sidik ragam disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan ANOVA parameter pengamatan

Variabel Pengamatan	F-hitung		
	Fotoperiode	Sukrosa	Interaksi
Tinggi Planlet	26,27 **	102,57 **	7,80 **
Jumlah daun	24,09 **	34,72 **	4,12 **
Warna daun	779,35 **	257,46 **	39,01 **
Waktu muncul akar	2,55 tn	23,23**	2,19 tn
Berat brangkasan Kering	1,87 tn	21,77 **	0,91 tn

Keterangan : tn (tidak beda nyata), * (beda nyata) pada taraf 5%, ** (sangat beda nyata) pada taraf 1%. Fotoperiode diuji dengan galat petak utama, sedangkan sukrosa dan interaksi diuji dengan galat anak petak.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan berbeda pada setiap parameter pengamatan. Fotoperiode berpengaruh nyata terhadap tinggi planlet, jumlah daun, warna daun, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap waktu muncul akar dan berat brangkasan kering. Konsentrasi sukrosa berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diamati. Interaksi antara fotoperiode dan konsentrasi sukrosa berpengaruh nyata terhadap tinggi planlet, jumlah daun, warna daun.

Tinggi Tanaman

Sidik ragam (Tabel 1) dan uji BNJ (Tabel 2) menunjukkan bahwa fotoperiode dan konsentrasi sukrosa berpengaruh nyata terhadap tinggi planlet, dan keduanya berinteraksi. Perlakuan fotoperiode tanpa ada fase terang (0 jam/hari) menghasilkan rata-rata tertinggi yaitu 12,59 cm dan berbeda nyata dengan fotoperiode terang 6, 12, 24 jam/hari. Tingginya planlet pada fotoperiode 0 jam/hari tidak dapat langsung diartikan sebagai pertumbuhan yang lebih baik. Kondisi tanpa cahaya menyebabkan planlet mengalami respons etiolasi yang ditandai dengan pemanjangan batang. Pada kondisi gelap, perkembangan planlet lebih diarahkan pada pemanjangan organ dibandingkan pembentukan organ fotosintetik. Kondisi tersebut berkaitan dengan terhambatnya fotomorfogenesis sehingga respons pemanjangan sel menjadi lebih dominan. Menurut Aprimonika et al., (2024) Rendahnya intensitas cahaya meningkatkan aktivitas auksin yang merangsang pemanjangan sel sehingga tanaman tumbuh lebih tinggi tetapi tidak disertai dengan kekuatan struktural. Planlet yang mengalami etiolasi memiliki struktur batang yang lemah, mudah roboh serta warnanya kuning pucat. Selain itu Pertumbuhan pada kondisi gelap tidak disertai peningkatan biomassa yang signifikan sehingga batang tidak kokoh dan daya tahan tanaman yang rendah, sebaliknya

pada tanaman yang tumbuh di tempat terang batang tumbuh lebih pendek tetapi kokoh dan tidak mudah patah (Zega et al., 2024). Oleh karena itu nilai tinggi planlet yang lebih besar pada kondisi gelap merupakan bentuk respons morfologis terhadap lingkungan cahaya, bukan indikator bahwa planlet memiliki kondisi fisiologis yang lebih baik.

Tabel 2. Hasil Uji BNJ Tinggi Planlet (cm)

Fotoperiode (Jam /hari)	Sukrosa				Rata-rata (F)
	0 g L ⁻¹	30 g L ⁻¹	60 g L ⁻¹	90 g L ⁻¹	
0	1,87 ^a	11,62 ^{bcd}	22,52 ^e	14,35 ^{cd}	12,59 ^b
6	2,07 ^a	12,5 ^{cd}	12,7 ^{cd}	11,53 ^{bc}	9,7 ^a
12	2,97 ^a	12,23 ^{cd}	14,15 ^{cd}	10,5 ^{bc}	9,96 ^a
24	6,73 ^{ab}	10,58 ^{bc}	13,25 ^{cd}	9,55 ^{bc}	10,03 ^a
Rata-rata (S)	3,41 ^a	11,73 ^b	15,66 ^c	11,48 ^b	

Keterangan : Huruf yang sama pada sel kombinasi perlakuan (F × S) menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%. Huruf pada baris Rata-rata (S) dan kolom Rata-rata (F) hanya membandingkan taraf dalam satu faktor.

Konsentrasi sukrosa 60 g/L menghasilkan rata-rata tinggi planlet tertinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan sukrosa dalam media berperan penting dalam menunjang pertumbuhan planlet kentang secara *in vitro*. Planlet yang dikultur secara *in vitro* memiliki kemampuan fotosintesis yang masih rendah sehingga kebutuhan karbon tidak sepenuhnya dapat dipenuhi melalui fotosintesis. Penambahan sukrosa eksternal pada media digunakan sebagai sumber karbon dan energi untuk mendukung aktivitas metabolisme serta pertumbuhan planlet. Menurut Mardiana & Sumarji, (2022) menyatakan bahwa rendahnya laju fotosintesis tanaman *in vitro* menyebabkan pertumbuhan planlet bergantung pada ketersediaan sukrosa dalam media kultur. Hal tersebut juga terlihat pada perlakuan tanpa sukrosa yang menghasilkan rata-rata tinggi planlet paling rendah, yaitu 3,41 cm. Selain berfungsi sebagai sumber energi, sukrosa juga dapat mengatur tekanan osmotik dalam sel. Konsentrasi gula yang semakin tinggi akan menyebabkan perubahan tekanan osmosis di dalam sel sehingga dapat menghambat pertumbuhan planlet (Firgiyanto et al., 2022a).

Jumlah Daun

Daun berperan sangat penting dalam aktivitas metabolisme planlet karena berhubungan dengan aktivitas fotosintesis tanaman. Menurut Sari et al., (2022) jumlah daun yang semakin banyak maka proses fotosintesis semakin meningkat sehingga jumlah fotosintat untuk pertumbuhan semakin meningkat. Pada Tabel 3 menunjukkan fotoperiode terang 24 jam/hari memiliki jumlah daun dengan rata-rata tertinggi yaitu 21,13 helai. Peningkatan jumlah daun pada fotoperiode yang lebih panjang diduga berkaitan dengan peran cahaya sebagai sinyal fotomorfogenesis yang mengaktifkan meristem pucuk sehingga merangsang pembelahan dan diferensiasi sel untuk membentuk daun baru (Pfeiffer et al., 2016). Didukung dengan pernyataan Legris, (2023) bahwa aktivitas meristem pucuk dan pembentukan daun sangat bergantung pada cahaya yang diterima melalui fotoreseptor seperti fitokrom dan kriptokrom yang selanjutnya mengaktifkan hormon untuk mendukung perkembangan daun. Selain mengatur proses perkembangan, penyinaran yang

lebih lama juga mendukung aktivitas fotosintesis sehingga kebutuhan energi untuk pertumbuhan daun dapat terpenuhi dengan lebih baik.

Tabel 3. Hasil Uji BNJ Jumlah Daun (Helai)

Fotoperiode (Jam /hari)	Sukrosa				Rata-rata (F)
	0 g L ⁻¹	30 g L ⁻¹	60 g L ⁻¹	90 g L ⁻¹	
0	2,33 ^a	2,83 ^{ab}	5,67 ^{abc}	7,5 ^{cdef}	4,58 ^a
6	8,67 ^{abcd}	12 ^{cdef}	12 ^g	12,67 ^{fg}	12,83 ^c
12	12,83 ^{cdef}	13 ^{efg}	14,67 ^{defg}	16,83 ^{efg}	19,5 ^c
24	19,5 ^{abcd}	20,5 ^{cdef}	21,83 ^{bcde}	22,67 ^{bcde}	21,13 ^b
Rata-rata (S)	10,83 ^a	12,08 ^b	13,54 ^{bc}	14,92 ^c	

Keterangan : Huruf yang sama pada sel kombinasi perlakuan (F × S) menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%. Huruf pada baris Rata-rata (S) dan kolom Rata-rata (F) hanya membandingkan taraf dalam satu faktor

Konsentrasi sukrosa juga berperan dalam pembentukan daun. Rata-rata jumlah daun meningkat dari 10,83 helai pada perlakuan tanpa sukrosa menjadi 14,92 helai pada konsentrasi 90 g/L. Meskipun demikian, konsentrasi 90 g/L tidak berbeda nyata dengan 60 g/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan sukrosa sampai 60 g/L telah mampu menyediakan karbon dan energi yang cukup untuk mendukung pembentukan daun, sehingga peningkatan konsentrasi menjadi 90 g/L belum menghasilkan peningkatan yang berbeda nyata. Menurut Bayhan & Yücesan, (2024) sukrosa merupakan sumber karbon dan energi yang diperlukan dalam pertumbuhan tunas dan daun pada kultur *in vitro*. Menurut Saleh et al., (2022) juga menjelaskan bahwa sukrosa mendukung aktivitas pembelahan sel dan pembentukan jaringan baru.

Kombinasi perlakuan fotoperiode dan konsentrasi sukrosa mampu menyediakan kebutuhan energi dan karbon yang diperlukan untuk pembentukan organ planlet dengan optimal. Hal ini sesuai dengan hasil Tabel 2 yang menunjukkan kombinasi fotoperiode 24 jam dan sukrosa 90 g/L menghasilkan jumlah daun terbanyak yaitu 22,67 helai tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan fotoperiode 24 jam dan sukrosa 60 g/L yaitu 21,83 helai. Planlet pada kombinasi fotoperiode 0 jam/hari tanpa sukrosa menunjukkan jumlah daun paling rendah yaitu 2,33. Hal ini dikarenakan tanaman membutuhkan karbohidrat dan penyinaran yang cukup untuk melakukan pembelahan sel. Menurut Azizah et al., (2023) Pembelahan sel membutuhkan karbohidrat dalam jumlah yang besar untuk membangun dinding sel. Selain itu fotoperiode yang panjang memungkinkan lebih banyak fotosintesis yang terjadi sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman (Moher et al., 2021)

Warna Daun

Fotoperiode terang 24 jam/hari menghasilkan skor rata-rata tertinggi yaitu 4,29 dan berbeda nyata dari fotoperiode lainnya (Tabel 4). Skor warna yang lebih tinggi menunjukkan warna daun yang lebih hijau pekat dan dalam penelitian ini digunakan sebagai indikator kondisi klorofil berdasarkan skala pengamatan. Dalam kultur *in vitro* cahaya bukan hanya sebagai sumber energi melainkan sebagai sinyal lingkungan yang mengatur pembentukan klorofil, perkembangan kloroplas dan fotosintesis planlet. Planlet yang

mendapatkan fotoperiode lebih lama mampu meningkatkan pembentukan klorofil dan perkembangan kloroplas sehingga warna daun tampak lebih hijau (Nurwidodo et al., 2026). Pernyataan ini diperkuat Cavallaro et al., (2022) yang menyatakan bahwa cahaya berperan dalam mengatur perkembangan kloroplas dan biosintesis pigmen fotosintesis sehingga mempengaruhi warna daun. Sebaliknya, fotoperiode 0 jam/hari menghasilkan rata-rata skor warna daun paling rendah, yaitu 1,00. Seluruh kombinasi sukrosa pada fotoperiode tersebut juga memiliki skor 1,00. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan sukrosa saja belum mampu menggantikan fungsi cahaya dalam pembentukan warna hijau daun. Menurut Zega Debora et al.,(2024) kondisi tanpa cahaya dapat menghambat biosintesis klorofil sehingga daun menjadi lebih pucat dan mengalami etiolasi. Dengan demikian, keberadaan sukrosa dapat menyediakan sumber karbon bagi pertumbuhan planlet, tetapi pembentukan warna hijau daun tetap berkaitan erat dengan keberadaan cahaya.

Tabel 4. Hasil Uji BNJ Warna Daun (BWD)

Fotoperiode (Jam /hari)	Sukrosa				Rata-rata (F)
	0 g L⁻¹	30 g L⁻¹	60 g L⁻¹	90 g L⁻¹	
0	1,00 ^a	1,00 ^a	1,00 ^a	1,00 ^a	1,00 ^a
6	1,00 ^a	3,00 ^b	3,17 ^b	3,00 ^b	2,54 ^b
12	1,00 ^a	4,00 ^c	5,00 ^d	4,33 ^c	3,33 ^c
24	3,00 ^b	5,00 ^d	5,00 ^d	5,00 ^d	4,29 ^d
Rata-rata (S)	1,46 ^a	3,25 ^b	3,34 ^c	3,13 ^{bc}	

Keterangan : Huruf yang sama pada sel kombinasi perlakuan (F × S) menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%. Huruf pada baris Rata-rata (S) dan kolom Rata-rata (F) hanya membandingkan taraf dalam satu faktor

Pada faktor sukrosa konsentrasi 60 g/L menghasilkan skor warna daun tertinggi yaitu 3,34 tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 90 g/L (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi 60 g/L mampu mendukung pembentukan klorofil secara optimal sehingga daun memiliki warna hijau yang lebih pekat. Menurut Hsie et al., (2022) Pemberian sukrosa pada media kultur mampu meningkat kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil pada tanaman yang dikultur secara in vitro. Peningkatan kandungan klorofil berperan dalam meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman. Interaksi fotoperiode dan sukrosa berpengaruh terhadap warna daun. Kombinasi fotoperiode 12 jam dan sukrosa 60 g/L, fotoperiode 24 jam dan sukrosa 30 g/L, fotoperiode 24 jam dan sukrosa 60 g/L dan fotoperiode 24 jam dan sukrosa 90 g/L menghasilkan skor warna daun tertinggi yaitu 5,00 sedangkan kombinasi dengan perlakuan fotoperiode yang rendah (0 dan 6 jam/hari) menghasilkan skor warna daun terendah yaitu 1,00. Hal ini menunjukkan bahwa pembentukan warna hijau daun yang optimal memerlukan ketersediaan cahaya dan sukrosa secara bersamaan. Penyinaran yang cukup mendukung pembentukan klorofil sehingga daun berwarna hijau (Xu et al., 2020). Sukrosa berperan sebagai sumber karbon yang mendukung pembentukan klorofil pada tanaman kultur in vitro (Hsie et al., 2022).

Jumlah Akar

Akar merupakan organ yang penting bagi tanaman untuk penyerapan unsur-unsur hara dari media. Dalam kondisi in vitro akar dapat menyokong tanaman supaya tetap dalam posisi yang tegak selama berada

dalam wadah yang berisi media cair. Menurut Aprinda & Lizawati, (2022) Jumlah akar pada pertumbuhan secara in vitro menunjukkan eksplan sehat dan mampu menyerap nutrisi dari media dengan optimal. Hasil analisis sidik ragam (Tabel 1) menunjukkan bahwa konsentrasi sukrosa dan interaksi kedua perlakuan berpengaruh nyata terhadap jumlah akar, sedangkan perlakuan fotoperiode tidak berpengaruh nyata pada jumlah akar. Berdasarkan uji lanjut BNJ taraf 5% pada Tabel 5 menunjukkan bahwa fotoperiode tidak berpengaruh terhadap jumlah akar. Hal ini diduga karena fotoperiode sebagai faktor tunggal tidak cukup mendukung tanaman untuk meningkatkan jumlah akar. Menurut Muleo et al., (2025) Respons perakaran in vitro tidak hanya ditentukan oleh fotoperiode saja, tetapi genotipe dan komposisi media kultur, termasuk karbohidrat yang berinteraksi dengan cahaya selama proses pembentukan akar. Pernyataan ini sesuai dengan data Tabel 5 yang menunjukkan bahwa meskipun fotoperiode sebagai faktor tunggal tidak berpengaruh nyata, tetapi interaksinya dengan konsentrasi sukrosa berpengaruh nyata pada jumlah akar.

Tabel 5. Hasil Uji BNJ Waktu Muncul Akar (HST)

Fotoperiode (Jam /hari)	Sukrosa				Rata-rata (F)
	0 g L ⁻¹	30 g L ⁻¹	60 g L ⁻¹	90 g L ⁻¹	
0 Jam/ hari	0,00 a	6,17 b	11,5 cd	6,67 bc	6,09
6 Jam/ hari	0,33 a	7,00 bc	9,00 bc	8,17 bc	6,75
12 Jam/ hari	0,33 a	7,00 bc	10,00 bcd	9,67 bcd	6,29
24 Jam/ hari	1,00 a	10,5 bcd	14,00 d	6,00 b	7,58
Rata-rata (S)	0,42 a	7,67 b	10,67 c	7,5 b	

Keterangan : Huruf yang sama pada sel kombinasi perlakuan (F × S) menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%. Huruf pada baris Rata-rata (S) dan kolom Rata-rata (F) hanya membandingkan taraf dalam satu faktor

Konsentrasi sukrosa berpengaruh terhadap jumlah akar. Perlakuan sukrosa 60 g/menghasilkan jumlah akar terbanyak yaitu 10,67 dan berbeda nyata dengan konsentrasi 0, 30, dan 90 g/L (Tabel 5). Hal yang sama ditunjukan pada penelitian Firgiyanto et al., (2022) bahwa konsentrasi sukrosa 60 g/L dapat memacu pertumbuhan jumlah akar terbanyak yaitu 88.98 akar pada planlet kentang. Penambahan sukrosa dengan konsentrasi tepat pada media kultur dapat mendukung pertumbuhan akar yang optimal. Penambahan sukrosa dengan konsentrasi yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan perkembangan karena planlet akan mengalami stres. Menurut Aulia, (2024) Media dengan konsentrasi sukrosa yang tinggi dapat mengurangi turgor optimal yang diperlukan dalam proses pembelahan dan pertumbuhan sel. Kombinasi perlakuan fotoperiode 24 jam dan sukrosa 60 g/L menghasilkan jumlah akar terbanyak yaitu 14,00 sedangkan fotoperiode 0 jam dan sukrosa 0 g/L hingga akhir pengamatan tidak ada akar yang terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah akar yang optimal dapat dicapai ketika planlet memperoleh penyinaran yang optimal dan konsentrasi sukrosa yang cukup.

Berat Brangkas Kering

Berat brangkas kering merupakan berat planlet yang telah dikeringkan hingga mencapai berat konstan. Menurut Nuraini et al., (2022) berat brangkas kering mencerminkan akumulasi hasil fotosintat selama tanaman tumbuh dan berkembang. Bertambahnya jumlah daun berpotensi meningkatkan

fotosintesis dan akumulasi fotosintat sehingga berat brangkasan kering cenderung meningkat. Berdasarkan uji BNJ 5% pada Tabel 6, konsentrasi sukrosa 60 g/L menghasilkan berat brangkasan kering tertinggi sebesar 0,0310 g dan berbeda nyata dengan tanpa sukrosa (0,0011 g) serta sukrosa 30 g/L (0,0192 g). Perlakuan 60 g/L tidak berbeda nyata dengan 90 g/L yang menghasilkan 0,0213 g.

Peningkatan berat brangkasan kering pada media yang mengandung sukrosa menunjukkan pentingnya ketersediaan sumber karbon dalam pertumbuhan planlet kentang secara in vitro. Sukrosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi untuk mendukung proses metabolisme serta pembentukan jaringan tanaman. Menurut Elfatah et al., (2024) sukrosa berperan sebagai sumber karbon utama dalam metabolisme dan pembentukan biomassa, sedangkan Dewir et al., (2023) menyatakan bahwa tanpa penambahan sukrosa, pertumbuhan vegetatif dan pembentukan jaringan baru pada tanaman in vitro dapat terbatas.

Tabel 6. Hasil Uji BNJ Berat Brangkasan Kering (g)

Fotoperiode (Jam /hari)	Sukrosa				Rata-rata (F)
	0 g L ⁻¹	30 g L ⁻¹	60 g L ⁻¹	90 g L ⁻¹	
0	0,0001	0,0148	0,0267	0,0279	0,0173
6	0,0003	0,0124	0,0249	0,0196	0,0143
12	0,0005	0,0234	0,0309	0,0200	0,0187
24	0,0034	0,0261	0,0415	0,0178	0,0222
Rata-rata (S)	0,0011 ^a	0,0192 ^b	0,0310 ^c	0,0213 ^{bc}	

Keterangan : Huruf yang sama pada sel kombinasi perlakuan (F × S) menunjukkan berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%. Huruf pada baris Rata-rata (S) dan kolom Rata-rata (F) hanya membandingkan taraf dalam satu faktor

Konsentrasi 60 g/L menghasilkan berat brangkasan kering tertinggi, sedangkan peningkatan konsentrasi menjadi 90 g/L tidak meningkatkan biomassa secara nyata. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan meningkatnya tekanan osmotik media pada konsentrasi sukrosa yang tinggi sehingga dapat menghambat penyerapan air dan pertumbuhan planlet. Menurut Skala et al., (2022) konsentrasi sukrosa yang sesuai dapat meningkatkan akumulasi biomassa, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menghambat pertumbuhan akibat tekanan osmotik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sukrosa 60 g/L memberikan respons biomassa kering yang lebih tinggi dibandingkan tanpa sukrosa dan 30 g/L, serta setara dengan 90 g/L. Tidak berpengaruhnya fotoperiode terhadap berat brangkasan kering menunjukkan bahwa perbedaan lama penyinaran belum menghasilkan perubahan biomassa kering yang konsisten pada kondisi penelitian. Respons biomassa terhadap cahaya dapat berbeda bergantung pada jenis tanaman dan kondisi kultur. Dengan demikian, akumulasi berat kering planlet kentang pada penelitian ini lebih dipengaruhi oleh ketersediaan sukrosa dalam media dibandingkan lama fotoperiode.

KESIMPULAN

Fotoperiode dan konsentrasi sukrosa mempengaruhi pertumbuhan planlet kentang in vitro dengan arah respons yang berbeda antar peubah, sehingga tidak ada satu perlakuan yang terbaik untuk semua peubah. Interaksi keduanya nyata pada tinggi planlet, jumlah daun, dan warna daun, tetapi tidak nyata pada

waktu muncul akar dan bobot brangkasan kering. Fotoperiode 0 jam/hari menghasilkan planlet tertinggi (12,59 cm; 22,52 cm pada kombinasi dengan sukrosa 60 g/L), tetapi tinggi tersebut mencerminkan etiolasi dan disertai skor warna daun terendah (1,00), sehingga tidak dapat dianggap sebagai kondisi terbaik. Fotoperiode 24 jam/hari menghasilkan jumlah daun (21,13 helai) dan skor warna daun (4,29) tertinggi. Sukrosa 60 g/L menghasilkan tinggi planlet (15,66 cm) dan bobot brangkasan kering (0,0310 g) tertinggi, sedangkan jumlah daun tertinggi pada 90 g/L (14,92 helai); pada jumlah daun, warna daun, dan bobot brangkasan kering, 60 g/L tidak berbeda nyata dengan 90 g/L. Tanpa sukrosa, pertumbuhan planlet paling rendah dan sebagian planlet tidak berakar hingga 49 HST. Jika kondisi kultur yang diharapkan didefinisikan sebagai planlet non-etiolasi dengan daun hijau dan jumlah daun banyak, kombinasi fotoperiode 24 jam/hari dan sukrosa 60 g/L (tinggi 13,25 cm, jumlah daun 21,83 helai, skor warna daun 5,00) merupakan kombinasi yang paling menjanjikan. Penelitian selanjutnya disarankan mengkaji pengaruh fotoperiode dan konsentrasi sukrosa pada tahap pembentukan umbi mikro (*microtuber*) atau aklimatisasi planlet untuk mengetahui keberlanjutan respons pertumbuhan setelah fase kultur *in vitro*.

DAFTAR RUJUKAN

- Antoro A, & Setiono. 2022. Pengaruh Lama Penyimpanan Terhadap Viabilitas Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L) Varietas Takar 2. *Jurnal Sains Agro*, 7(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.36355/jsa.v7i1.774>
- Aprimonika, D., Vauzia, & Sulastri, E. 2024. Dampak Pencahayaan Terhadap Pertumbuhan Bibit Salam (*Syzygium polyanthum*) UPTD BSPTH Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Barat. *Prosiding SEMNASBIO*.
- Aprinda, O., Lizawati, & Eliyanti. 2022. Induksi Akar Pada Eksplan Tunas Anggrek (*Dendrobium* var. *Airy Beauty*) Secara In Vitro dengan Penambahan Naphtalene Acetic Acid (NAA) dan 6-Benzyl Amino Purin (BAP). *Jurnal Agroecotenia*, 5(1).
- Azizah, N. K., Fathurrahman, & Jumin, H. B. 2023. Regenerasi Tanaman Anggrek Merpati (*Dendrobium crumenatum* Swartz) Pada Media Kultur Dengan Tambahan Zeatin Dan Sukrosa. *Jurnal Ekoagrotrop*, 1(2). www.journal.uir.ac.id/index.php/ekoagrotrop
- Badan Pusat Statistik. 2024. Produksi Tanaman Sayuran Dan Buah Buahan Semusim Menurut Jenis Tanaman 2024 Dan 2023. Badan Pusat Statistik. Jakarta [Internet]. [Diakses 11 Desember 2025] Tersedia Pada : <https://www.bps.go.id>.
- Bayhan, N. & Yücesan, B. (2024). *The Impact Of Sucrose And 6-Benzylaminopurine On Shoot Propagation And Vitrification In Aronia Melanocarpa*. *Plant Cell, Tissue And Organ Culture (PCTOC)*, 156, Article 55.
- Cavallaro, V., Pellegrino, A., Muleo, R., & Forgione, I. 2022. Light and Plant Growth Regulators on In Vitro Proliferation. In *Plants*, 11,(7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants11070844>
- Chairunnisa, P., & Apriliani, E. 2024. Agriculture and Biological Technology Induksi Umbi Mikro pada Tanaman Kentang dengan Penambahan ZPT dan Retardan pada Media Pertumbuhan secara in Vitro. *Agriculture and Biological Technology*, 1(2). <https://journal.stedca.com/index.php/agiotech/>
- Dewir, Y. H., Al-Ali, A. M., Rihan, H. Z., Alshahrani, T., Alwahibi, M. S., Almutairi, K. F., Naidoo, Y., & Fuller, M. P. 2023. Effects of Artificial Light Spectra and Sucrose on the Leaf Pigments, Growth,

- and Rooting of Blackberry (*Rubus fruticosus*) Microshoots. *Agronomy*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy13010089>
- Elfatah, mohamed H., Tawfik, M., Hussein, esam, & Ibrahim, A. 2024. Morphogenic responses of two potato cultivars explants to sucrose, photoperiods and growth regulators. *Alfarama Journal of Basic & Applied Sciences*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/ajbas.2024.252317.1200>
- Fazira, R. A., Handayani, R. S., Yusfie, K., & Hafidhah, S. 2024. Effect of Photoperiod and Kinetin Concentration on In Vitro Propagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) “Granola” as Bioplastic Raw Material. *Proceedings MICoMS*, 35. <https://doi.org/10.29103/micoms.v4.2024>
- Firgiyanto, R., Pangestuti, A., Sukri, M. Z., & Rohman, H. F. 2022. Respon Pemberian Konsentrasi Gula dan Paclobutrazol Pada Pengumbian Kentang Secara In Vitro. *Vegetalika*, 11(4), 253. <https://doi.org/10.22146/veg.76085>
- Hamdani J.S, Sumandi, Kusmiyati, & Ruwaidah, H. 2020. Pertumbuhan dan hasil benih kentang go pada komposisi media tanam dan interval pemberian air yang berbeda di dataran medium. *Kultivasi*, 19(3). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i3.30583>
- Hasançebi, S., Turgut Kara, N., Çakir, Ö., & Ari, Ş. 2016. Micropropagation and root culture of Turkish endemic *Astragalus chrysochlorus* (*Leguminosae*). *Turkish Journal of Botany*, 35(2), 203–210. <https://doi.org/10.3906/bot-1007-48>
- Hsie, de B. S., Bueno, A. I. S., de Carvalho, A. A., Cossa, M. C. V., de Assis, R. M. A., Botrel, P. P., Bertolucci, S. K. V., & Pinto, J. E. B. P. 2022. Effects of sucrose concentration and membrane filter number on the growth and volatile compounds of micropropagated *Lippia rotundifolia* Cham. Plantlets. *South African Journal of Botany*, 151, 800–807. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.11.007>
- Kusparwanti, T. R., Firgiyanto, R., Dinata, G. F., & Rohman, F.2022. Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Budidaya Microgreen di Desa Kesilir, Kecamatan Wuluhan, Kabupaten Jember. *Journal of Community Development*, 3(2), 183–189. <https://doi.org/10.47134/comdev.v3i2.94>
- Legris, M., Ince, Y. Ç., & Fankhauser, C. 2023. Light And Temperature Regulation Of Leaf Morphogenesis In *Arabidopsis*. *New Phytologist*, 240(3).
- Loi, E., Manurung, A. I., & Sirait, B. A.2022. Pengaruh Thidiazuron dan Sukrosa terhadap Pembentukan Umbi Mikro Asal Stek Kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada Media MS secara in vitro. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5.
- Ma, Y., Zhang, Y., Xu, J., Qi, J., Liu, X., Guo, L., & Zhang, H. 2024. Research on the Mechanisms of Phytohormone Signaling in Regulating Root Development. In *Plants* (Vol. 13, Number 21). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants13213051>
- Mardina Y.,& Sumarji.2022. Effect Of Lighting And Sucrose Concentration On The Growth And Production Of Potato Micro Tubers (*Solanum Tuberosum* L.). *Jurnal MUDIMA*,2(6).
- Moher, M., Jones, M., & Zheng, Y. 2021. Photoperiodic response of in vitro cannabis sativa plants. *HortScience*, 56(1), 108–113. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15452-20>
- Muflihah, Z., Nafiah, H. H., & Rismayanti, A. Y. 2024. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Air Kelapa Dan Indol-3-Butyric-Acid (Iba) Terhadap Induksi Multiplikasi Kentang (*Solanum tuberosum* L.) SECARA IN-VITRO. *Jurnal Agroteknologi Dan Sains*, Vol. 9; No. 1, 28–35. www.journal.uniga.ac.id
- Muleo, R., Hassan, M. I., Pellegrino, A., & Cavallaro, V. 2025. Effects of Light on Adventitious Rooting In Vitro. In *Agronomy*,15(11). *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agronomy15112597>

- Nuraini, A. S., Utama, P., Sodik, A. H.. 2022. Efek Pemberian Kompos dan Biochar terhadap Pertumbuhan Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) True Shallot Seed Pada Typic Hapludults *Soilrens*, 20(2).
- Nurwidodo, P. D., Suprayogi, S., & Farid, N. 2026. Pengaruh Varietas Kentang dan Spektrum Cahaya Light Emitting Diode terhadap Kandungan Klorofil Planlet Kentang pada Sistem Kultur In Vitro. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 6(1), 379–388. <https://doi.org/10.54082/jupin.2248>
- Pfeiffer, A., Janocha, D., Dong, Y., Medzihradsky, A., Schöne, S., Daum, G., Suzaki, T., Forner, J., Langenecker, T., Rempel, E., Schmid, M., Wirtz, M., Hell, R., & Lohmann, J. U. 2020. Integration Of Light And Metabolic Signals For Stem Cell Activation At The Shoot Apical Meristem. *Elife*, 5, E17023.
- Saleh, R., Heriansyah, P., Nopsagiarti, T.(2022). Pengaruh Berbagai Kosentrasi Sukrosa Dan Nicotinic Acid Terhadap Pertumbuhan Subkultur Tanaman Anggrek *Dendrobium* sp. *Jurnal Agro Indragiri*, 10(2). <https://doi.org/10.32520/jai.v4i1>
- Sari, P., Intara, Y. I., Prihatini, A., & Nazari, D. 2022. The Effect of the Number of Leaves and Concentration of Rootone-F on the Growth of Lemon Lime (*Citrus limon* L.) Seedling from Shoo. *Jurnal Agro Indragir*, 10, 365–376. <https://doi.org/https://doi.org/10.32520/jai.v4i1>
- Skala, E., Olszewska, M. A., Makowczyńska, J., & Kicel, A. 2022. Effect of Sucrose Concentration on *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin Transformed Root Biomass, Caffeoylquinic Acid Derivative, and Flavonoid Production. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(22). <https://doi.org/10.3390/ijms232213848>
- United State Departement Of Agriculture. 2024. Food Data Central. <https://Fdc.Nal.USda.Gov/Food-Details/2261422/Nutrients>. [Diakses 11 Desember 2025].
- Waruwu, A. L., Mendrofa, H. K., Fedilina, T., Gulo, N. O., Fatlow, L. M. Z., Waruwu, Z. F. P., Gulo, C. D. P., & Helmin, P. Z. 2024. Pengaruh Variasi Intesitas Cahaya Terhadap Efisiensi Fotosintesis Pada Pertumbuhan Tanaman. *Ilmu Pertanian Dan Perikanan, Volume 01, Nomor 02*,.
- Xu, Y., Yang, M., Cheng, F., Liu, S., & Liang, Y. 2020. Effects of LED photoperiods and light qualities on in vitro growth and chlorophyll fluorescence of *Cunninghamia lanceolata*. *BMC Plant Biology*, 20(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02480-7>
- Yulinarti, S., Yuzan, M., Wardhana, & Romano. 2021. Sikap Toleransi Petani Kentang Dan Tingkat Adopsi Teknologi Usahatani Kentang. *Ilmiah Mahasiswa Pertanian, Volume 6, Nomor 4*,.
- Zega Debora, N., Mendrofa, E. G., Gea, C. J., Sri, L., Halawa, W., Lase, H. S., Waruwu, I., & Lase, N. K.2024. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 01.