

Influence of Photoperiod on The Induction of in Vitro Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Shoots

Rut Normasari^{1*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Klabat, Minahasa Utara, Sulawesi Utara, Indonesia;

Article History

Received : October 20th, 2024

Revised : November 10th, 2024

Accepted : November 30th, 2024

*Corresponding Author: **Rut Normasari**, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Klabat, Minahasa Utara, Indonesia; Email: rutnormasari@unklab.ac.id

Abstract: The tuber plant known as porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) has a lot of industrial potential. Due to the restricted supply of seeds, porang production is still minimal despite its many advantages, which make it an export commodity with plenty of prospects. An alternate method for quickly and efficiently producing high-quality porang seeds in big quantities is in vitro culture. One significant element influencing in vitro shoot induction is photoperiod. The study aims to obtain the best photoperiod for in vitro porang shoot induction. This study applied a completely randomized design with 7 photoperiod treatments (0, 4, 8, 12, 16, 20 and 24 hours) and 5 replications. The percentage of explants that develop shoots, the number of shoots per explant, and the total number of shoots are all examples of observation parameters. An additional 5% Duncan test was performed to determine whether there was a significant impact on the observation variables after the observation data was analyzed using analysis of variance. The results showed that a 16-hour photoperiod produced the highest porang shoot induction in all observation variables in the 4th and 8th weeks.

Keywords: *Amorphophallus muelleri* Blume, bulbil, porang, photoperiod, shoot.

Pendahuluan

Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) merupakan anggota famili Araceae, salah satu dari beberapa spesies *Amorphophallus* yang ditemukan di Indonesia (Rosidiani *et al.*, 2013). Tanaman porang merupakan sumber karbohidrat pengganti yang sangat baik. Glukomanan merupakan zat terpenting yang ditemukan dalam umbi porang. Kandungan senyawa glukomanan umbi porang sekitar 55% lebih tinggi dibandingkan spesies *Amorphophallus* lainnya (Santosa, 2014). Banyak bisnis menggunakan senyawa glukomanan karena senyawa ini larut dalam air dalam jumlah sedikit dan menghasilkan kualitas yang sangat kental (Bo *et al.*, 2013).

Glukomanan sering digunakan untuk membuat sirataki dan konyaku. Selain itu, glukomanan sering digunakan sebagai

pengganti dalam sejumlah hidangan daerah (Anggraeni *et al.*, 2014; Faridah *et al.*, 2012; Mahirdini & Afifah, 2016; Wahyuni *et al.*, 2020), bidang industri (Raharjo *et al.*, 2012), dan bidang kesehatan (Chua *et al.*, 2012). Porang merupakan komoditas ekspor bernilai tinggi karena mengandung molekul glukomanan yang dibutuhkan dalam berbagai bidang industri (Dwiyono *et al.*, 2019). Menurut Rahayuningsih (2020), ekspor porang meningkat seiring dengan meningkatnya nilai nominal. Oleh karena itu, dukungan penyediaan benih diperlukan untuk memenuhi permintaan porang yang terus meningkat, karena kurangnya benih merupakan salah satu tantangan dalam budidaya porang (Santosa, 2014).

Teknik kultur jaringan tanaman digunakan untuk menumbuhkan sel, jaringan, dan organ tanaman yang terisolasi dalam kondisi aseptik (in vitro) untuk meregenerasi

dan memperbanyak tanaman secara keseluruhan (Neumann *et al.*, 2009). Metode ini melibatkan pertumbuhan bagian-bagian kecil dari tanaman menjadi individu baru dalam media nutrisi yang steril dan dilengkapi dengan zat pengatur tumbuh, hal ini memungkinkan lebih banyak tanaman tumbuh dalam waktu yang relatif singkat. Induksi pertumbuhan merupakan langkah awal yang krusial dalam perbanyakan tanaman secara in vitro (Baday, 2018).

Penelitian perbanyakan tunas porang secara in vitro telah dilakukan. Penelitian terdahulu menggunakan tangkai daun tanaman *Amorphophallus konjac* K. sebagai eksplan untuk mempelajari pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap induksi kalus, proliferasi kalus, dan pembentukan tunas adventif (Hu *et al.*, 2005). Eksplan daun *Amorphophallus konjac* K. berhasil digunakan dalam perbanyakan tunas in vitro secara cepat dan menghasilkan regenerasi tanaman bibit porang dalam skala besar (Thach *et al.*, 2016). Selain itu penambahan BAP (benzil amino purin) pada inisiasi kultur in vitro menggunakan bulbil porang dapat menginduksi pertumbuhan tunas (Ferziana *et al.*, 2021).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman in vitro dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk keadaan lingkungan dan nutrisi selama periode kultur. Faktor lingkungan seperti suhu, fotoperiode, intensitas cahaya, kelembapan, dan udara memengaruhi proses fisiologis pada tanaman dan karenanya sangat penting untuk keberhasilan perbanyakan mikro (Amoo *et al.*, 2009). Penelitian lain menemukan adanya peningkatan jumlah stomata seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dan fotoperiode (Jo *et al.*, 2008). Beberapa peneliti lain juga telah melaporkan pengaruh fotoperiode yang berbeda terhadap pertumbuhan dan morfogenesis tanaman yang ditumbuhkan secara in vitro (Kozai *et al.*, 1995; Morini *et al.*, 1991; Tapingkae & Taji, 2000).

Kondisi lingkungan optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman sering kali bervariasi antar spesies dan terkadang genotipe. Oleh karena itu, hal ini memerlukan penyelidikan dampak faktor-faktor ini terhadap pertumbuhan in vitro dan

perkembangan spesies individu serta mengembangkan protokol mikropropagasi yang khususnya dapat diterapkan secara komersial. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh fotoperiode terhadap induksi dan perbanyakan tunas porang (*Amorphophallus muelleri* Blume).

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian berlangsung di bulan Juli - Oktober 2024 di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Klbat.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan adalah oven, *laminar air flow* (LAF), *hotplate* dan magnetik stirer, pH meter, autoklaf, timbangan analitik, cawan petri, gelas ukur, gelas beker, pinset, skalpel, bunsen, botol kultur, sarung tangan, dan rak kultur. Bahan yang digunakan adalah bulbil porang, akuades steril, alkohol 96%, sodium hipoklorit (NaOCl 5.25%), stok media MS (Murashige & Skog), agar-agar, BAP dan sukrosa.

Pembuatan media

Larutan stok yang terdiri dari komponen media MS diukur sesuai dengan takarannya kemudian ditambahkan sukrosa 30 g/L, BAP 3 mg/L dan akuades. Larutan dihomogenkan kemudian pH media diukur menggunakan pHmeter hingga media mencapai pH 5,8 dengan menambahkan NaOH dan HCl. Agar-agar 13 g/L ditambahkan ke dalam larutan, selanjutnya ditambahkan akuades sampai dengan volume yang diinginkan kemudian media dipanaskan hingga mendidih. Media disterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit.

Sterilisasi bulbil

Sumber eksplan yang digunakan adalah bulbil porang. Pertama-tama permukaan bulbil dibersihkan dengan menggunakan tissue, kemudian proses sterilisasi dilakukan di dalam LAF. Bulbil direndam dalam alkohol 96% dan dikocok selama 1 menit. Kemudian bulbil direndam dalam sodium hipoklorit 5.25% dan dikocok selama 30 menit. Selanjutnya, bulbil disterilisasi lagi dalam akuades steril selama 5 menit dengan tiga kali pengulangan. Setelah

steril, kulit bulbil dikupas tipis sampai bersih. Selanjutnya, bulbil dipotong menjadi 5 bagian dengan ukuran yang sama (eksplan).

Penanaman eksplan

Eksplan yang telah dipotong kemudian ditanam dalam botol kultur yang berisi media MS + 3 mg/L BAP. Masing-masing botol kultur berisi 5 eksplan kemudian eksplan ditumbuhkan pada kondisi kultur sesuai dengan perlakuan fotoperiode dan pada suhu 25°C. Pada 4 minggu setelah kultur, eksplan dipindahkan ke dalam media baru (MS + 3 ml/L BAP).

Pengamatan

Pengamatan berlangsung pada minggu keempat dan kedelapan. Parameter pengamatan meliputi persentase eksplan membentuk tunas, jumlah tunas per eksplan dan total tunas.

Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan 7 perlakuan fotoperiode dan dilakukan sebanyak 5 ulangan, sehingga terdapat 35 satuan percobaan. Perlakuan pada penelitian ini adalah fotoperiode yaitu 0, 4, 8, 12, 16, 20 dan 24 jam terang.

Analisis data

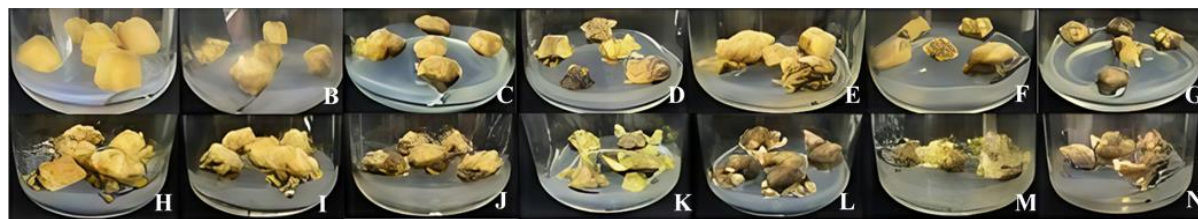
Data pengamatan yang diperoleh berupa data kuantitatif. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan dilakukan analisis varian (ANOVA) menggunakan SPSS 20, apabila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT).

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan eksplan

Hasil pengamatan induksi tunas secara in vitro terhadap fotoperiode menunjukkan bahwa pada minggu keempat pada perlakuan fotoperiode 8-24 jam eksplan sudah mulai menghasilkan tunas, akan tetapi pada perlakuan 0 dan 4 jam belum ada eksplan yang menghasilkan tunas. Sedangkan pada minggu kedelapan pada semua perlakuan sudah menghasilkan tunas (Gambar 1). Artinya perlakuan fotoperiode mempengaruhi pertumbuhan eksplan yang dikulturkan.

Salah satu unsur yang mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan tunas adalah intensitas cahaya. Secara umum pengaruh kontrol faktor lingkungan seperti kualitas cahaya, intensitas cahaya, dan penyinaran yang sesuai dengan kebutuhan tanaman tertentu dapat meningkatkan hasil dan kualitas tanaman serta efisiensi produksinya (Zha & Liu, 2018). Sebagai sumber energi, cahaya menjadi faktor lingkungan yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fotoperiode memiliki pengaruh besar pada morfogenesis dan pertumbuhan sel tanaman dan organ, serta pertumbuhan vegetatif, karakteristik fisiologis dan biokimia tanaman (Arena *et al.*, 2016). Eksplan menunjukkan adanya pencoklatan (*browning*) pada minggu ke-4 dan mengalami peningkatan pada minggu ke-8. Pencoklatan disebabkan oleh oksidasi fenolik yang dapat menghambat pertumbuhan jaringan dengan mengurangi laju pembelahan sel (Amente & Chimdessa, 2021).



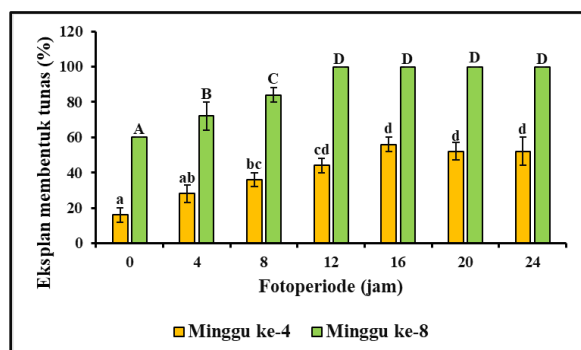
Gambar 1. Pertumbuhan eksplan pada minggu ke-4 (A-G) dan minggu ke-8 (H-N) pada berbagai fotoperiode. A dan H (0 jam), B dan I (4 jam), C dan J (8 jam), D dan K (12 jam), E dan L (16 jam), F dan M (20 jam), G dan N (24 jam).

Persentase eksplan membentuk tunas

Fotoperiode berpengaruh signifikan terhadap persentase eksplan membentuk tunas. Pengamatan selama 8 minggu menunjukkan persentase eksplan membentuk tunas mengalami

peningkatan pada semua perlakuan. Pada minggu ke-4, fotoperiode 0-8 jam menghasilkan persentase terbentuknya tunas sebesar 16-36%, sedangkan fotoperiode 12-24 jam sebesar 44-52%. Meskipun tidak jauh berbeda dari

perlakuan fotoperiode 12, 20, dan 24 jam, fotoperiode 16 jam memiliki persentase produksi tunas tertinggi pada eksplan pada minggu keempat (56%). Semua eksplan mampu mengembangkan tunas (100%) pada minggu kedelapan ketika diperlakukan dengan fotoperiode 12 hingga 24 jam; namun, hanya 60–84% dari mereka yang mampu terbentuk selama fotoperiode 0–8 jam (Gambar 2).



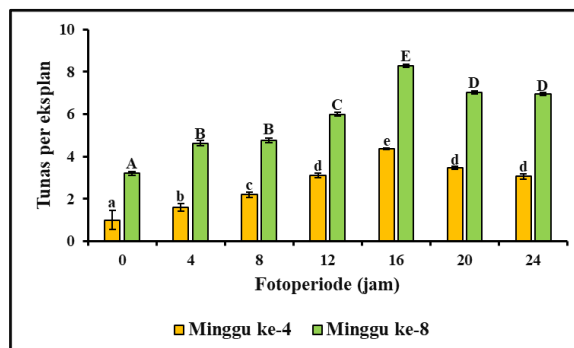
Gambar 2. Pengaruh fotoperiode terhadap persentase eksplan membentuk tunas pada minggu ke-4 dan minggu ke-8. Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan ($p < 0.05$).

Fot periode mempengaruhi persentase pertumbuhan tunas porang, semakin optimal fotoperiode maka semakin tinggi persentase eksplan menghasilkan tunas, sehingga bibit porang yang dihasilkan akan semakin banyak. Pertumbuhan tunas in vitro yang ideal penting untuk mikropropagasi karena semakin banyak tunas yang dihasilkan, semakin tinggi pula tingkat perbanyak tanaman. Mengatur kondisi pertumbuhan seperti durasi pencahayaan adalah salah satu cara untuk memperoleh pertumbuhan tunas in vitro yang optimal (Suminar et al., 2017).

Jumlah tunas

Penelitian ini menunjukkan fotoperiode secara signifikan berpengaruh terhadap jumlah tunas per eksplan dan jumlah total tunas (Gambar 3 dan 4). Minggu ke-4 dan 8, jumlah tunas per eksplan pada fotoperiode 4-24 jam berbeda nyata dengan fotoperiode 0 jam (kontrol). Minggu ke-4, jumlah tunas per eksplan dengan perlakuan fotoperiode 0-8 jam berkisar antara 1-2 tunas dan pada minggu ke-8 meningkat menjadi 3-5 tunas. Sedangkan jumlah tunas per eksplan pada minggu ke-4 dengan perlakuan fotoperiode 12-24 jam

adalah 3-4 tunas dan 6-8 tunas pada minggu ke-8. Jika dibandingkan dengan perlakuan lain, periode foto 16 jam menghasilkan tunas terbanyak per eksplan; pada minggu keempat, terdapat empat tunas per eksplan, dan pada minggu kedelapan, terdapat delapan tunas per eksplan (Gambar 3).

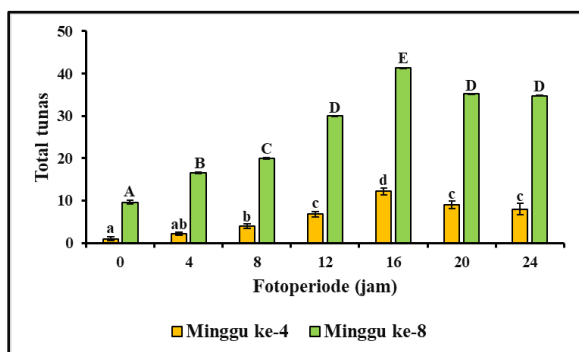


Gambar 3. Pengaruh fotoperiode terhadap jumlah tunas per eksplan pada minggu ke-4 dan minggu ke-8. Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan ($p < 0.05$).

Fotoperiode 16 jam menghasilkan jumlah total tunas tertinggi pada minggu ke-4 dan 8 yaitu 12 dan 41 tunas serta menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan semua perlakuan. Jumlah total tunas meningkat seiring dengan meningkatnya fotoperiode sampai dengan 16 jam selanjutnya menurun sampai dengan fotoperiode 24 jam walaupun tidak berbeda secara signifikan pada fotoperiode 12, 20 dan 24 jam. Minggu ke-8, total tunas pada fotoperiode 0-8 jam yaitu 10-20 tunas, sedangkan pada fotoperiode 12, 20 dan 24 jam jumlah total tunas berkisar antara 30-35 tunas (Gambar 4). Hasil ini mendukung temuan efek positif fotoperiode yang panjang terhadap pertumbuhan tanaman (Kumar & Singh, 2017; Lam et al., 2021). Telah dibuktikan bahwa fotoperiode yang lebih panjang meningkatkan ketersediaan cahaya harian untuk fotosintesis yang meningkatkan pertumbuhan tanaman (Kelly et al., 2020). Hal ini mungkin menjelaskan peningkatan jumlah tunas porang in vitro dalam hasil penelitian ini.

Perlakuan fotoperiode yang lebih pendek (0-8 jam) menghasilkan jumlah tunas lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Perlakuan hari pendek umumnya menurunkan pertumbuhan tanaman, dengan dampak yang bervariasi antar spesies dan genotipe, bahkan dapat menyebabkan dormansi tanaman dalam jangka

waktu yang lama (Li *et al.*, 2021). Fotoperiode 16 jam merupakan penyinaran optimal dalam induksi tunas. Hal ini sesuai dengan penelitian lain yang menemukan bahwa, bergantung pada jenis tanaman dan eksplan yang dibudidayakan, fotoperiode biasanya ditetapkan sekitar 16 jam cahaya (Pratiwi *et al.*, 2015). Kondisi lama penyinaran yang optimal, pemanjangan ruas dan organogenesis pucuk akan terjadi secara terus menerus, sedangkan jika penyinaran berkurang akan terjadi penghentian pertumbuhan (Triozi *et al.*, 2018). Selain itu penyinaran 16/8 jam sering digunakan dalam melakukan kultur tunas in vitro, seperti pada penelitian peony dimana setelah 25-30 hari kultur kotiledon berubah menjadi tunas berkelompok atau tunas adventif setelah dipindahkan ke periode cahaya 16 jam selama 60-100 hari (Du *et al.*, 2020).



Gambar 4. Pengaruh fotoperiode terhadap total tunas pada minggu ke-4 dan minggu ke-8. Keterangan: huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Duncan ($p < 0.05$).

Perlakuan fotoperiode 20 dan 24 menunjukkan pengurangan jumlah tunas dan persentase eksplan yang menghasilkan tunas. Temuan ini bertentangan dengan penelitian sebelumnya pada tanaman Paulownia, yang menemukan bahwa fotoperiode optimal untuk induksi tunas in vitro dari eksplan daun adalah 24 (Yang *et al.*, 2013). Penelitian lain mengatakan bahwa pada fotoperiode 24 jam menyebabkan terjadinya kelainan fisiologis dan pertumbuhan yang abnormal pada tanaman tomat (Ohyama *et al.*, 2005). Setiap tanaman memiliki fotoperiode yang optimal secara berbeda untuk regenerasi tanaman in vitro. Perbedaan reaksi tanaman terhadap fotoperiode tercermin saat tanaman bertumbuh dan berkembang (Wei *et al.*, 2009).

Kesimpulan

Fotoperiode 16 jam meningkatkan kemampuan eksplan untuk membentuk tunas selama fase induksi dan pertumbuhan tunas in vitro, sehingga fotoperiode ini paling cocok untuk induksi tunas porang. Di sisi lain, fotoperiode 16 jam juga meningkatkan jumlah tunas per eksplan dan total tunas. Hasil penelitian ini menunjukkan fotoperiode berdampak pada induksi dan pertumbuhan tunas in vitro *A. muelleri* Blume.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian, Universitas Klabat yang telah memfasilitasi dalam melakukan penelitian ini.

Referensi

- Amente, G., & Chimdessa, E. (2021). Control of Browning in Plant Tissue Culture: A Review. *Journal of Scientific Agriculture* 5 67–71. DOI: <https://doi.org/10.25081/jsa.2021.v5.7266>
- Amoo, S. O., Finnie, J. F., & Staden, J. Van. (2009). Effects of Temperature, Photoperiod and Culture Vessel Size on Adventitious Shoot Production of In Vitro Propagated *Huernia hystrix*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 99 233–238. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-009-9592-0>
- Anggraeni, D. A., Widjanarko, S. B., & Ningtyas, D. W. (2014). Proporsi Tepung Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume): Tepung Maizena terhadap Karakteristik Sosis Ayam. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri* 2(3): 214–223.
- Arena, C., Tsonev, T., Doneva, D., Micco, V. De, Michelozzi, M., Brunetti, C., Centritto, M., Fineschi, S., Velikova, V., & Loreto, F. (2016). The Effect of Light Quality on Growth, Photosynthesis, Leaf Anatomy and Volatile Isoprenoids of a Monoterpene-Emitting Herbaceous Species (*Solanum lycopersicum* L.) and an Isoprene-Emitting Tree (*Platanus orientalis* L.). *Environmental and Experimental Botany* 130 122–132. DOI:

- <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.05.014>
- Baday, S. J. S. (2018). Plant Tissue Culture. *Nternational Journal of Agriculture and Environmental Research* 4(4): 977–990.
- Bo, S., Muschin, T., Kanamoto, T., Nakashima, H., & Yoshida, T. (2013). Sulfation and Biological Activities of Konjac Glucomannan. *Carbohydrate Polymers* 94 899–903. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.01.049>
- Chua, M., Chan, K., Hocking, T. J., Williams, P. A., Perry, C. J., & Baldwin, T. C. (2012). Methodologies for the Extraction and Analysis of Konjac Glucomannan from Corms of *Amorphophallus Konjac*. *Carbohydrate Polymers* 87 2202–2210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.10.053>
- Du, Y., Cheng, F., & Zhong, Y. (2020). Induction of direct somatic embryogenesis and shoot organogenesis and histological study in tree peony (*Paeonia sect. Moutan*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 141(April): 557–570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01815-4>
- Dwiyono, K., Saribanon, N., & Wiryanti, I. (2019). Rekayasa Proses Pengeringan Umbi Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri*). *Seminar NAsional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 43* 15–24.
- Faridah, A., Widjanarko, S. B., Sutrisno, A., & Susilo, B. (2012). Optimasi Produksi Tepung Porang dari Chips Porang Secara Mekanis dengan Metode Permukaan Respons. *Jurnal Teknik Industri*, 13(2): 158–166. DOI: <https://doi.org/10.22219/JTIUMM.Vol13.No2.158-166>
- Ferziana, Erfa, L., Maulida, D., Sari, R. M., & Yuniardi, F. (2021). In Vitro Regeneration of Porang (*Amorphophallus Muelleri* Blume) at Several Concentrations of BAP (Benzyl Amino Purine). *International Conference On Agriculture and Applied Science (ICoAAS)* 76–83. DOI: <https://doi.org/10.25181/icoaas.v2i2.2486>
- Hu, J. B., Liu, J., Yan, H. B., & Xie, C. H. (2005). Histological Observations of Morphogenesis in Petiole Derived Callus of *Amorphophallus rivieri* Durieu In Vitro. *Cell Biology and Morphogenesis* 24(11): 642–648. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-005-0002-8>
- Jo, E.-A., Tewari, R. K., Hahn, E.-J., & Paek, K.-Y. (2008). Effect of Photoperiod and Light Intensity on In Vitro Propagation of *Alocasia Amazonica*. *Plant Biotechnology Reports* 2(3): 207–212. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11816-008-0063-6>
- Kelly, N., Choe, D., Meng, Q., & Runkle, E. S. (2020). Promotion of lettuce growth under an increasing daily light integral depends on the combination of the photosynthetic photon flux density and photoperiod. *Scientia Horticulturae* 272(Oktober): 109565. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109565>
- Kozai, T., Watanabe, K., & Jeong, B. R. (1995). Stem Elongation and Growth of *Solanum Tuberosum* L. In Vitro in Response to Photosynthetic Photon Flux, Photoperiod and Difference in Photoperiod and Dark Period Temperatures. *Scientia Horticulturae* 64(1–2): 1–9. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00828-4](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00828-4)
- Kumar, S., & Singh, M. C. (2017). Effect of photoperiod on growth characteristics in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. cv. Zembla. *Research on Crops* 18(1): 110–115. DOI: <https://doi.org/10.5958/2348-7542.2017.00019.5>
- Lam, V. P., Choi, J., & Park, J. (2021). Enhancing Growth and Glucosinolate Accumulation in Watercress (*Nasturtium officinale* L.) by Regulating Light Intensity and Photoperiod in Plant Factories. *Agriculture* 11(8): 723. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11080723>
- Li, P., Zheng, T., Zhuo, X., Zhang, M., Yong, X., Li, L., Wang, J., Cheng, T., & Zhang, Q. (2021). Photoperiod- and temperature-mediated control of the ethylene response and winter dormancy induction in *Prunus*

- mume. *Horticultural Plant Journal* 7(3): 232–242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2021.03.005>
- Mahirdini, S., & Afifah, D. N. (2016). Pengaruh Substitusi Tepung Terigu dengan Tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) terhadap Kadar Protein, Serat Pangan, Lemak, dan Tingkat Penerimaan Biskuit. *Jurnal Gizi Indonesia* 5(1): 42–49. DOI: <https://doi.org/10.14710/jgi.5.1.42-49>
- Morini, S., Sciutti, R., Muleo, R., & Fortuna, P. (1991). Growth Patterns of “In Vitro” Cultured Shoot Tips as Influenced by Different Light–Dark Regimes. *Acta Horticulturae* 289(289): 137–138. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.289.32>
- Neumann, K.-H., Kumar, A., & Imani, J. (2009). *Plant Cell and Tissue Culture - A Tool in Biotechnology*. Springer-Verlag GmbH.
- Ohyama, K., Manabe, K., Omura, Y., & Kozai, T. (2005). Potential Use of a 24-Hour Photoperiod (Continuous Light) with Alternating Air Temperature for Production of Tomato Plug Transplants in a Closed System. *HortScience* 40(2): 374–377.
- Pratiwi, R. S., Siregar, L. A., & Nuriadi, I. (2015). Pengaruh Lama Penyinaran dan Komposisi Media terhadap Mikropropagasi Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Jurnal Agroekoteknologi* 4(1): 1762–1767. DOI: <https://doi.org/10.32734/jaet.v4i1.12347>
- Raharjo, B. A., Dewi, N. W. S., & Haryani, K. (2012). Pemanfaatan Tepung Glukomanan dari Umbi Iles- Iles (*Amorphophallus oncophyllus*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Edible Film. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri* 1(1): 401–411.
- Rahayuningsih, Y. (2020). Berbagai Faktor Internal dan Eksternal Serta Strategi untuk Pengembangan Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) di Provinsi Banten. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah* 4(2): 77–92. DOI: <https://doi.org/10.37950/jkpd.v4i2.106>
- Rosidiani, E. P., Arumingtyas, E. L., & Azrianingsih, R. (2013). Analisis Variasi Genetik *Amorphophallus muelleri* Blume dari Berbagai Populasi di Jawa Timur Berdasarkan Sekuen Intron trnl. *Floribunda* 4(6): 129–137.
- Santosa, E. (2014). Pengembangan Tanaman Iles-Iles Tumpangsari untuk Kesejahteraan Petani dan Kemandirian Industri Pangan Nasional. *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan* 1(2): 73–79.
- Suminar, E., Sumadi, S., Mubarok, S., Sunarto, T., & Rini, N. S. E. (2017). Percepatan Penyediaan Benih Sumber Kedelai Unggul Secara In Vitro. *Jurnal Agrikultura* 28(3): 126–135. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v28i3.15744>
- Tapingkae, T., & Taji, A. (2000). Light Quality and Quantity: Their Effects on In Vitro Growth and Development of Two Australian Plant Species. *Acta Horticulturae* 541(541): 281–288. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.541.43>
- Thach, B. D., Linh, L. N. T., Duy, N. K., Ben, T. T., Giang, T. T. L., Uyen, N. P. A., Suong, N. K., & Du, N. Van. (2016). Preliminary Selection and In Vitro Propagation of *Amorphophallus* Species with High Content of Gluco-Mannan Distributed in Vietnam. *European Journal of Advanced Research in Biological and Life Sciences* 4(1): 1–7.
- Triozzi, P. M., Ramos-Sánchez, J. M., Hernández-Verdeja, T., Moreno-Cortés, A., Allona, I., & Perales, M. (2018). Photoperiodic Regulation of Shoot Apical Growth in Poplar. *Frontier in Plant Science* 9(July): 1–9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01030>
- Wahyuni, K. I., Rohmah, M. K., Ambari, Y., & Romadhon, B. K. (2020). Pemanfaatan Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Bl) Sebagai Bahan Baku Keripik. *Jurnal Karinov* 3(1): 1–4. DOI: <https://doi.org/10.17977/um045v3i1p1-4>
- Wei, X.-J., Jiang, L., Xu, J.-F., Liu, X., Liu, S.-J., Zhai, H.-Q., & Wan, J.-M. (2009). The Distribution of Japonica Rice Cultivars in the Lower Region of the Yangtze River Valley is Determined by Its Photoperiod-sensitivity and Heading Date Genotypes. *Journal of Integrative Plant Biology*

- 51(10): 922–932. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2009.00866.x>
- Yang, X., Huang, Y., & Fan, G. (2013). Effects of different photoperiods on in vitro plantlet regeneration of paulownia plants. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 5(12): 446–1450.
- Zha, L., & Liu, W. (2018). Effects of Light Quality, Light Intensity, and Photoperiod on Growth and Yield of Cherry Radish Grown under Red Plus Blue Leds. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 59(4): 511–518. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0048-5>