

Perkembangan Kultur Eksplan Mahkota Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Varietas Tamban dengan Perlakuan Sinar UV-B dan UV-C

The Crown Culture of Tamban Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Treated by UV-B and UV-C Radiation

Rizka Annisafitri^{1*}, Raihani Wahdah¹, Hilda Susanti¹

¹ Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jalan A. Yani Km. 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Email Penulis untuk korespondensi : annisafitri.rizka@gmail.com

ABSTRAK

Sinar UV-B dan UV-C termasuk mutagen yang memiliki energi foton yang cukup untuk menghancurkan ikatan kimia sehingga keduanya dapat mempengaruhi proses fisiologi dan DNA suatu tanaman. Studi tentang pengaruh sinar UV-B dan UV-C terhadap tanaman diperlukan terlebih dahulu untuk digunakan dalam induksi variasi somaklonal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sinar UV-B dan UV-C terhadap perkembangan kultur eksplan mahkota nanas varietas Tamban yang merupakan nanas lokal Kalimantan Selatan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif yang mengamati perkembangan eksplan mahkota nanas varietas Tamban pada tahap inisiasi dan subkultur. Rancangan penelitian ini adalah RAL Tersarang dengan kontrol terpisah yang terdiri atas dua faktor berulang tiga, yaitu jenis sinar UV (UV-B dan UV-C) dan lama paparan sinar UV yang tersarang dalam jenis sinar UV (10, 20, 30, dan 40 menit). Perkembangan eksplan pada perlakuan kontrol, sinar UV-B, dan sinar UV-C tahap inisiasi diawali dengan membesarnya mata tunas aksilar berupa tonjolan (nodul) lalu membentuk tunas baru. Perkembangan setelah subkultur berupa pertumbuhan tunas, pertumbuhan daun, dan multiplikasi tunas. Hasil ini menunjukkan bahwa tahap perkembangan kultur eksplan nanas mahkota nanas varietas Tamban pada inisiasi dan subkultur tidak memiliki perbedaan antar perlakuan.

Kata kunci : kultur *in vitro*, radiasi, buah, inisiasi, subkultur

ABSTRACT

UV-B and UV-C are mutagens that have enough photon energy to destroy chemical bonds so that they can affect the physiology and DNA processes of a plant. Studies on the effect of UV-B and UV-C light on plants are needed first to be used in the induction of somaclonal variations. This study aims to determine the effect of UV-B and UV-C light on the development of explant culture of pineapple crown Tamban variety which is a local pineapple of South Kalimantan. This research was conducted at the Tissue Culture Laboratory, Faculty of Agriculture, Lambung Mangkurat University. This research is a descriptive qualitative study that observes the development of Tamban variety pineapple crown explants at the initiation and subculture stages. The design of this study was a nested RAL with separate controls consisting of two factors with three repetitions, namely the type of UV light (UV-B and UV-C) and the duration of UV exposure nested in the type of UV light (10, 20, 30, and 40 minutes). Explant development in the control treatment, UV-B light, and UV-C light in the initiation stage begins with the enlargement of the axillary bud eye in the form of a bulge (nodule) and then forms a new shoot.

Development after subculture in the form of shoot growth, leaf growth, and shoot multiplication. These results indicate that the development stage of Tamban variety pineapple crown explant culture at initiation and subculture has no difference between treatments.

Keywords: in vitro culture, radiation, fruit, initiation, subculture

Pendahuluan

Nanas varietas Tamban merupakan nanas varietas unggul lokal dari Kabupaten Barito Kuala, Provinsi Kalimantan Selatan. Nanas ini memiliki keunggulan yang cukup toleran dengan tanah ber-pH rendah, yaitu pH <4 (sangat masam). Selain itu, varietas ini juga diketahui cukup toleran dengan tanah yang mengandung Fe dan Al tinggi (Haryatun & Saleh, 2017). Cahyana & Destina (2013) menyatakan bahwa nanas varietas Tamban tahan naungan sehingga banyak nanas yang ditanam sebagai tanaman sela pada lahan perkebunan sawit, kelapa, dan karet.

Menurut Badan Pusat Statistik (2023), tiga wilayah penghasil nanas terbesar di Indonesia pada tahun 2022, yaitu Lampung (861.706 t), Sumatera Selatan (567.120 t), dan Jawa Timur (357.505 t). Sementara itu, produksi nanas di Kalimantan Selatan pada tahun tersebut hanya 15.620 t. Hal ini menunjukkan bahwa produksi nanas varietas Tamban di Kalimantan Selatan masih cukup jauh jika dibandingkan dengan produksi nanas daerah lain. Selain itu, kualitas buah nanas varietas Tamban (masa simpan dan kandungan vitamin C) masih lebih rendah jika dibandingkan dengan buah nanas varietas lain, seperti varietas MD2 yang merupakan salah satu varietas nanas unggulan dan populer pada pasar internasional. Dengan demikian, baik kuantitas maupun kualitas nanas varietas Tamban perlu ditingkatkan.

Radiasi ultraviolet (UV) merupakan bagian radiasi non-pengion dari spektrum elektromagnetik, dimana 8-9% dari total radiasi matahari merupakan radiasi UV (Hollósy, 2002). Rai & Agrawal (2017) menyatakan bahwa radiasi UV dibagi menjadi tiga berdasarkan rentang panjang gelombangnya, yaitu UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm), dan UV-C (200-280 nm). Häder et al. (2007) dan Hollósy (2002) menyatakan bahwa semakin pendek panjang gelombang sinar UV, maka pengaruhnya semakin meningkat terhadap tanaman. Selain itu, Alscher et al. (1997) mengungkapkan bahwa di antara jenis radiasi UV, radiasi UV-A telah terbukti memiliki efek kerusakan DNA yang sangat kecil karena tidak dapat diserap oleh DNA. Namun, baik UV-C dan UV-B memiliki energi yang cukup untuk merusak ikatan kimia yang berbeda yang menyebabkan reaksi fotokimia, yang merupakan alasan utama adanya efek biologis terhadap tanaman (Kovacs & Keresztes, 2002).

Beberapa penulis telah melaporkan pengaruh radiasi sinar UV-B dan UV-C terhadap beberapa tanaman. Zuk-Golaszewska et al. (2003) menyebutkan bahwa perlakuan radiasi UV-B dapat menyebabkan keriting daun pada tanaman *Avena fatua* dan *Setaria viridis*. Martínez-Silvestre et al. (2022) melaporkan bahwa kalus *Sideroxylon capiri* Pittier yang diperoleh dari eksplan daun yang diradiasi UV-B selama dua minggu mengalami peningkatan warna hijau dan menunjukkan struktur yang lebih padat dan seperti spons seiring dengan peningkatan waktu paparan radiasi UV-B, sedangkan kalus yang diperoleh dari eksplan batang mengalami peningkatan warna kuning krem dan menunjukkan struktur yang lebih padat dan seperti spons seiring dengan peningkatan waktu paparan. Selain itu, penelitian Haryanti et al. (2024) menunjukkan radiasi sinar UV-C dapat menyebabkan klorosis pada eksplan daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth.).

Suatu tanaman utuh dapat terbentuk dari jaringan atau organ, massa kalus, dan/atau sel tunggal dalam suatu proses yang disebut regenerasi tanaman. Proses tersebut berkaitan dengan pembaruan fisiologis, perbaikan dan pergantian jaringan pada tanaman (Ikeuchi et al., 2019). Verdeil et al. (2007) menyatakan bahwa kemampuan tanaman untuk beregenerasi didasari oleh totipotensi, yaitu sel tanaman dapat berdiferensiasi menjadi individu tanaman yang lengkap. Pola regenerasi tanaman dalam kultur *in vitro* dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: (1) tunas apikal dan/atau tunas aksilar, (2) organogenesis, dan (3) embriogenesis somatik. Tunas apikal, tunas aksilar dan mata tunas tunggal (*single node*) dapat beregenerasi dan tumbuh menjadi beberapa plantlet yang terbentuk melalui pemanjangan dari mata tunas yang dirangsang untuk pecah dan tumbuh memanjang menjadi bahan tanaman yang dapat diakarkan (Ugandhar, Venkateshwarlu, & Reddy, 2015; Yusnita, 2015). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengamati perkembangan kultur eksplan mahkota buah nanas varietas Tamban yang mendapatkan perlakuan sinar UV-B dan sinar UV-C.

Metodologi

Penelitian ini dilakukan pada Maret – Juni 2023 di Laboratorium Kultur Jaringan, Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat. Eksplan yang digunakan merupakan mahkota buah nanas varietas Tamban yang diambil dari Desa Tamban, Kecamatan Mekarsari, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Eksplan mahkota yang telah disterilisasi dibelah menjadi dua bagian lalu diberi perlakuan sinar UV. Jarak antara lampu dengan eksplan ± 20 cm. Setelah itu, eksplan ditanam pada media Murashige & Skoog (MS) yang ditambahkan 2 mg L^{-1} Benzil Amino Purin (BAP). Satu mahkota nanas diperoleh dua eksplan. Setiap satu botol kultur terdapat satu eksplan.

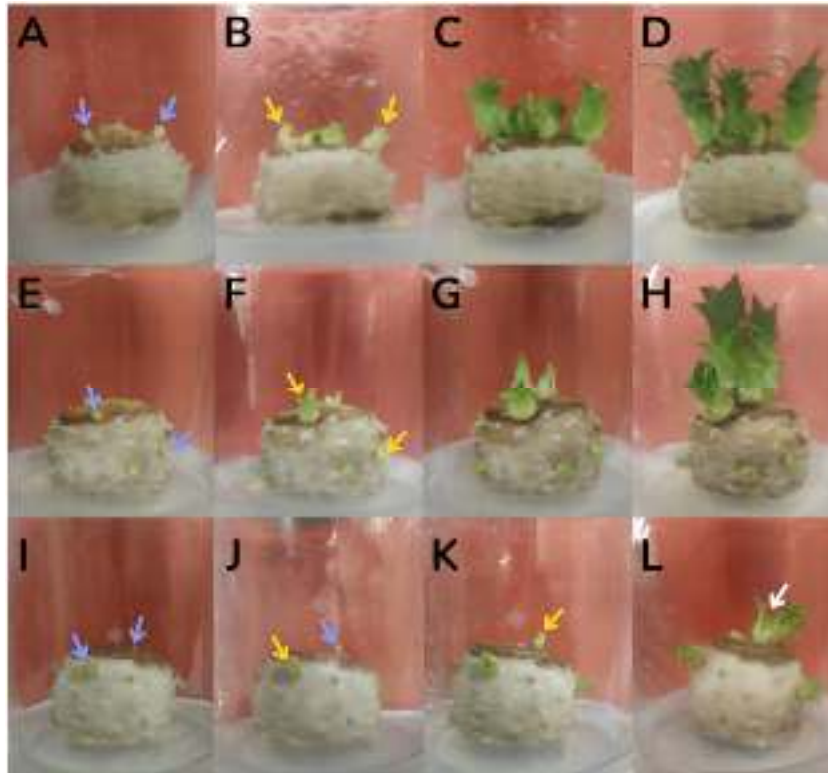
Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap tersarang (*nested design*) dengan kontrol terpisah. Kontrol adalah perlakuan Faktor perlakuan terdiri atas dua faktor dan berulang tiga. Faktor pertama terdiri atas 2 taraf, yaitu sinar UV-B dan UV-C. Sinar UV-B secara artifisial berasal dari 2 lampu UV-B 18 W, sedangkan sinar UV-C dari lampu UV-C 30 W. Jarak antara lampu dengan eksplan \pm 20 cm. Faktor kedua adalah lama paparan sinar UV yang terdiri atas 4 taraf, yaitu 10, 20, 30, dan 40 menit. Penataan tersarangnya berupa lama paparan lampu UV tersarang dalam jenis sinar UV.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Pengumpulan data dilakukan dengan dokumentasi berupa gambar perkembangan morfologi eksplan mahkota buah nanas varietas Tamban. Pengamatan pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap inisiasi dan tahap subkultur. Tahap inisiasi diamati selama 8 minggu, sedangkan tahap subkultur diamati selama 4 minggu. Subkultur dalam penelitian ini merupakan pemindahan eksplan ke media baru setelah 8 minggu. Media yang digunakan pada tahap subkultur memiliki formulasi yang sama dengan media yang digunakan pada tahap inisiasi.

Hasil dan Pembahasan

Perkembangan Kultur Eksplan Mahkota Nanas Varietas Tamban Saat Inisiasi

Pola regenerasi eksplan mahkota nanas dalam penelitian ini termasuk dalam pola regenerasi tunas apikal dan/atau aksilar. Hal ini karena eksplan mahkota nanas memiliki tunas apikal pada bagian ujung mahkota nanas dan mata tunas aksilar yang terletak di pangkal setiap daun mahkota nanas (Py et al., 1987). Regenerasi yang terjadi ini merupakan regenerasi dari mata tunas yang sebelumnya sudah ada pada eksplan. Pola regenerasi ini dapat disebut dengan percabangan tunas aksilar (*enhanced axillary branching*), yaitu dari mata tunas aksilar tersebut akan pecah dan tumbuh memanjang menghasilkan tunas lalu masing-masing tunas akan memperbanyak diri sehingga menghasilkan tunas dalam jumlah yang besar (Yusnita, 2015).



Gambar 1. Perkembangan kultur eksplan mahkota nanas varietas Tamban tahap inisiasi selama 8 minggu pada perlakuan kontrol (A – D), paparan sinar UV-B selama 30 menit (E – H), dan paparan sinar UV-C selama 30 menit (I – L). Tanda panah biru menunjukkan mata tunas yang membesar (*swelling bud*); tanda panah kuning menunjukkan tunas yang terbentuk.

Antara perlakuan lama paparan sinar UV-B selama 10, 20, 30, dan 40 tidak menunjukkan pengaruh terhadap tahapan perkembangan kultur eksplan mahkota nanas varietas Tamban. Hal ini terjadi juga pada perlakuan lama paparan sinar UV-C. Yang membedakan adalah waktu terbentuknya tunas pertama pada setiap perlakuan. Rerata waktu muncul tunas pada masing-masing perlakuan kontrol, sinar UV-B, dan UV-C, yaitu 10,67 hari setelah tanam (HST), 14,28 HST, dan 15,35 HST (Annisafitri et al., 2024).

Perkembangan kultur eksplan mahkota nanas varietas Tamban pada tahap inisiasi yang mendapat perlakuan kontrol, paparan sinar UV-B selama 30 menit, dan paparan sinar UV-C selama 30 menit dapat dilihat pada Gambar 1. Perkembangan eksplan mahkota nanas pada tahap inisiasi diawali dengan munculnya tonjolan (nodul) yang ditandai dengan ukuran mata tunas yang membesar (Gambar 1A, 1E, dan 1I). Menurut Yuliarti (2010), nodul tersebut merupakan primordia tunas yang akan membentuk tunas baru. Hal ini terjadi juga pada penelitian Reinhardt et al. (2018) yang menunjukkan tonjolan mata tunas (*swelling bud*) pada eksplan mata tunas aksilar dari *slip* nanas. Selanjutnya, nodul tersebut membentuk tunas baru

pada 2 – 4 MST (minggu setelah tanam) yang dapat dilihat Gambar 1B, 1F, 1J, dan 1K. Pada umur 8 MST, sebagian besar tunas terlihat membesar yang dilengkapi dengan daun (Gambar 1D dan 1H).

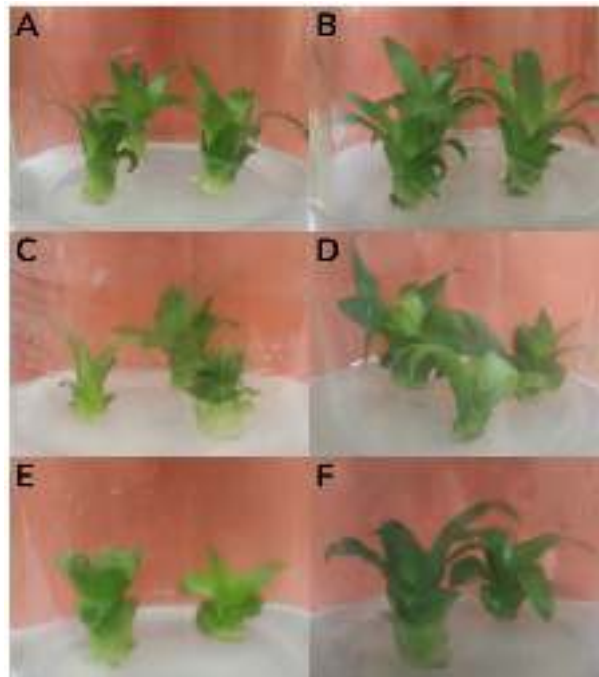
Tahap awal perkembangan tunas aksilar ditandai dengan perubahan metabolisme pada mata tunas aksilar dorman. Perubahan metabolisme tersebut berupa peningkatan aktivitas sel yang dibuktikan oleh tingkat ekspresi gen dan protein ataupun hanya terjadi sedikit peningkatan ukuran mata tunas (Waldie et al., 2010). Oleh karena itu, membesarnya mata tunas aksilar berupa tonjolan pada eksplan mahkota nanas varietas Tamban termasuk penanda awal adanya perkembangan mata tunas aksilar (Gambar 1A, 1E, dan 1I).

Selama tahap inisiasi, sebagian tunas mengalami perbanyakan menjadi beberapa tunas yang berasal dari satu mata tunas (Gambar 1L). Mata tunas aksilar yang terdapat pada suatu eksplan dapat menghasilkan tunas dengan tunas itu sendiri juga memiliki mata tunas aksilar. Oleh karena itu, perbanyakan tunas dapat terjadi dari satu mata tunas dengan adanya tunas aksilar pada tunas aksilar yang telah terbentuk sebelumnya. Seringkali tunas aksilar tersebut hampir tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dengan sebagian besar ketiak daun memiliki banyak primordial tunas (Taji et al., 1997). Skema perbanyakan melalui mata tunas aksilar tersebut digambarkan oleh Ugandhar et al. (2015) yang menunjukkan bahwa dari satu mata tunas aksilar dapat memperbanyak diri sehingga menghasilkan lebih dari satu tunas. Dengan demikian, tahap perkembangan eksplan mahkota buah nanas varietas Tamban yang diberi perlakuan kontrol, paparan sinar UV-B, dan paparan sinar UV-C diawali dengan terbentuknya tonjolan (nodul) berwarna kehijauan yang merupakan mata tunas aksilar yang membesar (*swelling bud*). Nodul tersebut kemudian membentuk tunas baru. Selanjutnya, tunas tersebut mengalami pertumbuhan dan disertai tumbuhnya daun.

Perkembangan Kultur Eksplan Mahkota Nanas Varietas Tamban Setelah Subkultur

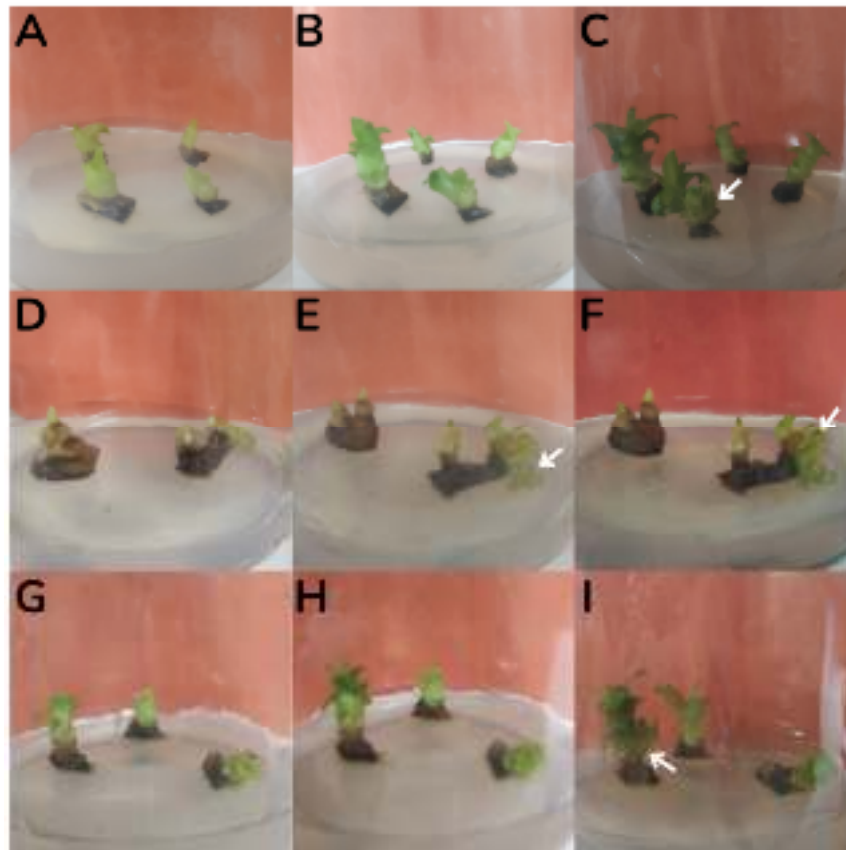
Subkultur eksplan mahkota nanas varietas Tamban ini meliputi pemindahan tunas yang telah tumbuh ke media kultur baru setelah 8 MST. Tunas yang tumbuh pada eksplan mahkota nanas varietas Tamban memiliki pertumbuhan yang berbeda setelah 8 MST, terdapat tunas yang cukup besar dengan daunnya membuka sempurna dan tunas yang masih kecil. Perkembangan tunas dari eksplan mahkota nanas varietas Tamban dapat dilihat pada Gambar 2. Tunas yang telah disubkultur menjadi tunas yang lebih besar setelah 4 minggu subkultur. Daun pada tunas tersebut juga tampak lebih panjang pada 4 MSS (Minggu Setelah Subkultur) yang dapat dilihat pada Gambar 2B, 2D, dan 2E. Meskipun demikian, akar masih tidak muncul pada 4 MSS. Zulkarnain (2009) mengemukakan bahwa pembentukan akar terjadi ketika rasio kadar auksin lebih tinggi daripada kadar sitokinin. Menurut Wetherell (1982), kadar sitokinin

yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan akar. Oleh karena media kultur pada subkultur ini hanya ditambahkan BAP yang termasuk kelompok sitokinin sehingga rasio sitokinin lebih tinggi daripada auksin.



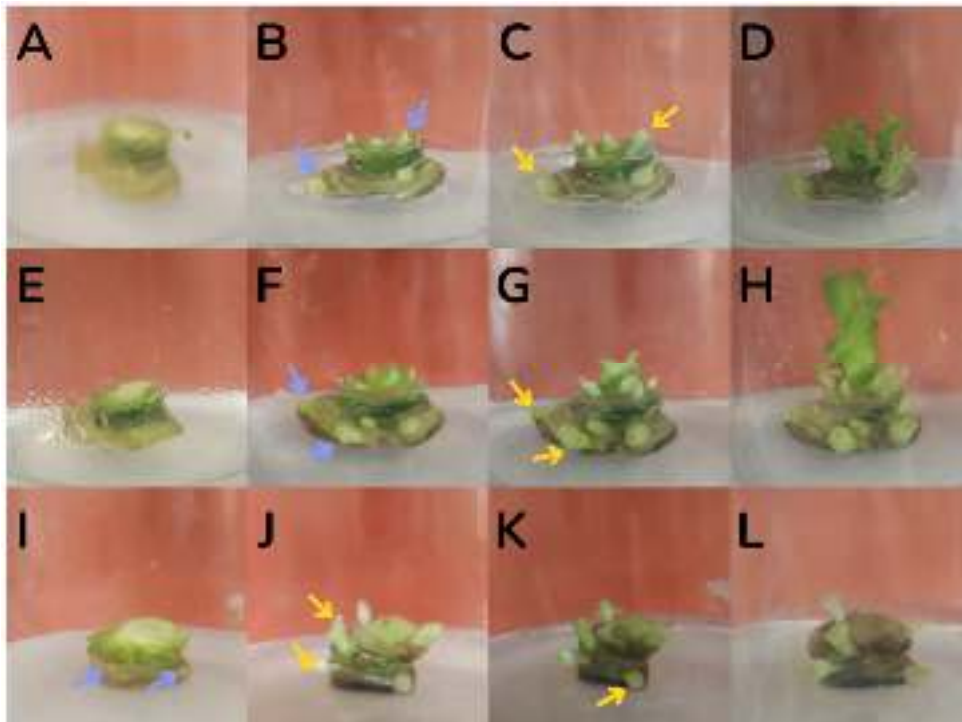
Gambar 2. Perkembangan tunas dari eksplan mahkota nanas varietas Tamban setelah subkultur subkultur pada perlakuan kontrol (A – B), perlakuan sinar UV-B selama 30 menit (C – D), dan perlakuan sinar UV-C selama 30 menit (E – F).

Tunas-tunas dari eksplan mahkota nanas varietas Tamban yang berukuran kecil dilakukan subkultur dengan memotong bagian tunas beserta bagian mahkota nanas yang berada di bawah tunas tersebut. Perkembangan tunas-tunas tersebut selama 4 minggu dapat dilihat pada Gambar 3. Tunas-tunas pada 4 MSS menunjukkan adanya pertumbuhan tunas yang disertai pertumbuhan daun pada sebagian tunas. Selain itu, sebagian tunas juga mengalami multiplikasi dengan terbentuknya tunas-tunas baru yang dapat dilihat pada Gambar 3C, 3E, 3F, dan 3I.. Terjadinya multiplikasi ini berkaitan dengan adanya mata tunas aksilar pada tunas yang lebih awal terbentuk sehingga memungkinkan terbentuk tunas-tunas yang muncul pada bagian aksilar tunas (Taji et al., 1997).



Gambar 3. Perkembangan dan multiplikasi tunas dari eksplan mahkota nanas varietas Tamban setelah subkultur pada perlakuan kontrol (A – C), perlakuan sinar UV-B selama 30 menit (D – F), dan perlakuan sinar UV-C selama 30 menit (G – I). Tanda panah menunjukkan multiplikasi tunas.

Subkultur pada penelitian ini juga dilakukan dengan penanaman kembali bagian apikal mahkota nanas varietas Tamban yang telah dipangkas daunnya. Penanaman kembali bagian apikal mahkota nanas ini mengacu pada penelitian Priyadarshani et al. (2018) yang mengkulturkan bagian apikal mahkota nanas. Perkembangan bagian apikal mahkota nanas tersebut selama 4 minggu dapat dilihat pada Gambar 4. Terbentuknya tunas diawali dengan terbentuknya tonjolan (nodul) pada permukaan bagian apikal mahkota nanas varietas Tamban (Gambar 4B, 4F, dan 4I). Tunas yang terbentuk berasal dari mata tunas aksilar yang terletak di ketiak daun pada bagian apikal mahkota nanas. Hal ini ditunjukkan dari munculnya tunas di sela-sela ketiak daun yang telah dipangkas saat subkultur. Selanjutnya, mata tunas tersebut membentuk tunas baru.



Gambar 4. Perkembangan bagian apikal eksplan mahkota nanas varietas Tamban setelah subkultur pada perlakuan kontrol (A – D), perlakuan sinar UV-B (E – H), dan perlakuan sinar UV-C (I – L).

Kesimpulan dan Saran

Tahap perkembangan kultur eksplan nanas mahkota nanas varietas Tamban pada inisiasi dan subkultur tidak memiliki perbedaan antarperlakuan. Tahap perkembangan eksplan mahkota buah nanas varietas Tamban yang diberi perlakuan kontrol, paparan sinar UV-B, dan paparan sinar UV-C diawali dengan terbentuknya nodul berwarna kehijauan yang kemudian membentuk tunas baru. Selanjutnya, tunas tersebut mengalami pertumbuhan dan disertai tumbuhnya daun. Sementara itu, perkembangan tunas setelah subkultur pada perlakuan kontrol, paparan sinar UV-B, dan paparan sinar UV-C meliputi pertumbuhan tunas, pertumbuhan daun, dan multiplikasi tunas. Berdasarkan penelitian ini, percobaan pengaruh radiasi UV-B dan UV-C dengan lama paparan yang melebihi dari 40 menit terhadap eksplan mahkota nanas varietas Tamban perlu dilakukan untuk meningkatkan perubahan morfologi pada eksplan mahkota nanas varietas Tamban. Subkultur dari tunas yang dihasilkan dari eksplan mahkota nanas varietas Tamban yang mendapatkan perlakuan paparan sinar UV-B dan UV-C perlu dilakukan lebih lanjut untuk mengamati perkembangan dan perubahan morfologi tunas tersebut hingga aklimatisasi.

Daftar Pustaka

- Alscher, R. G., Donahue, J. L., & Cramer, C. L. (1997). Reactive oxygen species and antioxidants: relationships in green cells. *Physiologia Plantarum*, *100*(2), 224–233. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1997.tb04778.x>
- Annisafitri, R., Wahdah, R., & Susanti, H. (2024). The Effect of UV-B And UV-C Radiation on Contamination Rate and Shoot Proliferation of Tamban Pineapple Crown Explants (*Ananas comosus* L. Merr.). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, *47*(3), 677 – 690. <https://doi.org/10.47836/pjtas.47.3.06>
- Badan Pusat Statistik. (2023). Produksi tanaman buah-buahan 2022. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjIjMg==/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Cahyana, D., & Destina, Y. (2013). Nanas rawa untuk industri. Kementerian Pertanian RI. <http://repository.pertanian.go.id:8080/server/api/core/bitstreams/2f529dee-2d30-4c3d-8455-5d3f08b3e4b6/content>
- Häder, D. P., Kumar, H. D., Smith, R. C., & Worrest, R. C. (2007). Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. *Photochem Photobiol Sci*, *6*, 267–285. <https://doi.org/10.1039/b700020k>
- Haryanti, S., Yusniwati, & Gustian. (2024). Effect of Ultraviolet-C Irradiation on Morphological Character Changes in Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, *8*(3), 1–12. <https://doi.org/10.55043/jaast.v8i3.284>
- Haryatun, & Saleh, M. (2017). Nanas Tamban: varietas adaptif di lahan rawa. <http://balittra.litbang.pertanian.go.id/index.php/component/content/article/69-publikasi/artikel-ilmiah/2065-nenas-tamban-varietas-adaptif-di-lahan-rawa?Itemid=101>
- Hollósý, F. (2002). Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*, *33*, 179–197. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(01\)00011-7](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(01)00011-7)
- Ikeuchi, M., Favero, D. S., Sakamoto, Y., Iwase, A., Coleman, D., Rymen, B., & Sugimoto, K. (2019). Molecular mechanisms of plant regeneration. *Annu. Rev. Plant Biol*, *70*, 377–406. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718>
- Kovacs, E., & Keresztes, A. (2002). Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micro*, *33*(2), 199–210. [https://doi.org/10.1016/s0968-4328\(01\)00012-9](https://doi.org/10.1016/s0968-4328(01)00012-9)
- Martínez-Silvestre, K. E., Santiz-Gómez, J. A., Luján-Hidalgo, M. C., Ruiz-Lau, N., Sánchez-Roque, Y., & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2022). Effect of UV-B Radiation on Flavonoids and Phenols Accumulation in Tempisque (*Sideroxylon capiri* Pittier) Callus. *Plants*, *11*(4). <https://doi.org/10.3390/plants11040473>
- Priyadarshani, S. V. G. N., Hu, B., Li, W., Ali, H., Jia, H., Zhao, L., ... Qin, Y. (2018). Simple protoplast isolation system for gene expression and protein interaction studies in pineapple (*Ananas comosus* L.). *Plant Methods*, *14*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0365-9>
- Py, C., Lacoëuilhe, J. J., & Teisson, C. (1987). *The pineapple, cultivation and uses*. Paris: G.P. Maisonneuve & Larose.
- Rai, K., & Agrawal, S. B. (2017). Effects of UV-B radiation on morphological, physiological, and biochemical aspects of plants: an overview. *Journal of Scientific Research*, *61*, 87–113.
- Reinhardt, D. H. R. C., Bartholomew, D. P., Souza, F. V. D., de Carvalho, A. C. P. P., de Pádua, T. R. P., Junghans, D. T., & de Matos, A. P. (2018). Advances in pineapple plant propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *40*(6), 1–22. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018302>
- Taji, A. M., Dodd, W. A., & Williams, R. R. (1997). *Plant tissue culture practice* (3rd Edition). Armidale: University of New England Printery.

- Ugandhar, T., Venkateshwarlu, M., & Reddy, J. K. (2015). Micropropagation. In U. N. Bhale (Ed.), *Major constrains and verdict of crop productivity*. New Delhi: Daya Publishing House.
- Verdeil, J. L., Alemanno, L., Niemenak, N., & Tranbarger, T. J. (2007). Pluripotent versus totipotent plant stem cells: dependence versus autonomy? *Trends in Plant Science*, *12*(6), 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.04.002>
- Waldie, T., Hayward, A., & Beveridge, C. A. (2010). Axillary bud outgrowth in herbaceous shoots: How do strigolactones fit into the picture? *Plant Molecular Biology*, *73*(1–2), 27–36. <https://doi.org/10.1007/s11103-010-9599-2>
- Wetherell, D. F. (1982). *Pengantar propagasi secara in vitro kultur jaringan tanaman* (Indonesia). Semarang: IKIP Semarang Press.
- Yuliarti, N. (2010). *Kultur jaringan tanaman skala rumah tangga*. Yogyakarta: Lily Publisher.
- Yusnita. (2015). *Kultur jaringan tanaman sebagai teknik penting bioteknologi untuk menunjang pembangunan pertanian*. Bandar Lampung: Aura Publishing.
- Zuk-Golaszewska, K., Upadhyaya, M. K., & Golaszewski, J. (2003). The effect of UV-B radiation on plant growth and development. *Plant, Soil and Environment*, *49*(3), 135–140. <https://doi.org/10.17221/4103-pse>
- Zulkarnain, Z. (2009). *Kultur jaringan tanaman: solusi perbanyak tanaman budidaya*. Jakarta: Bumi Aksara.