Vegetalika Vol. 15 No. 2, Mei 2026: 133-140
Available online at https://jurnal.ugm.ac.id/jbp
DOI: https://doi.org/10.22146/veg.103197
p-ISSN: 2302-4054 | e-ISSN: 2622-7452

Evaluasi Induksi Umbi Mikro secara *In Vitro* pada Beberapa Kultivar Bawang Merah (*Allium cepa* L. kelompok Aggregatum) pada Kondisi Sukrosa Tinggi

Evaluation of In Vitro Microbulb Induction in Several Shallot (Allium cepa L. Aggregatum group) Cultivars Under High Sucrose Condition

Nofiya Ruswanti[1,2], Widhi Dyah Sawitri[1,2*)], Muhammad Idris[3], Ani Widiastuti[4,2], Valentina Dwi Suci Handayani[1,2]

[1]Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
[2]Agrotropica Learning Center (AGLC), Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
[3]Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas Kampus UNAND Limau Manis, Sumatera Barat, Indonesia
[4]Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
[*)]Penulis untuk korespodensi E-mail: widhi.d.s@ugm.ac.id
Diajukan: 29 Desember 2024 **Diterima:** 25 Mei 2026 **Dipublikasi:** 29 Mei 2026

ABSTRACT

Development of microbulb in shallots (Allium cepa L. Aggregatum group*) is induced by adding a higher sucrose content to the in vitro culture medium. Therefore, this study was conducted to evaluate microbulb formation by enhancing the sucrose concentration up to 8%. The 'Sanren' cultivar was used as a model to observe the effect of additional sucrose treatment, between 3% (P1) and 8% (P2), in Murashige and Skoog (MS0) media over ten weeks. The result showed that microbulbs in the 'Sanren' cultivar developed successfully in the P2 treatment. Following these findings, several other shallot cultivars— 'Lokananta', 'Maserati', and 'Merdeka'—were assessed using the 8% sucrose concentration to trigger microbulb formation. The microbulbs initially formed following a color change at the plant's basal part eight weeks after planting. Difference in response regarding plant height and microbulb weight were observed among the cultivars. Plant height was greater in the 'Sanren' than in 'Lokananta' and 'Maserati' at eight weeks after planting. At ten weeks after planting, 'Maserati' and 'Merdeka' exhibited the highest microbulb weight. In this study, we assumed that each cultivar has a differing ability to absorb the carbon source, which in turn affects the development of microbulb formation in the in vitro medium. The higher sucrose content in the in vitro medium mimics the condition where photosynthates are translocated to the basal plant, leading to shallot microbulb formation. This innovation has the potential to facilitate efficient in vitro microbulb production through the addition of 8% sucrose.*

Keywords: *Allium cepa; in vitro culture; shallot cultivars; development of microbulb, sucrose*

ABSTRAK

Pembentukan umbi mikro bawang merah (*Allium cepa* L. kelompok Aggregatum) dapat diinduksi melalui penambahan konsentrasi sukrosa tinggi ke dalam media kultur *in vitro*. Oleh karenanya, studi ini dilakukan untuk mengevaluasi pembentukan umbi mikro dengan meningkatkan konsentrasi sukrosa hingga 8%. Pada penelitian ini, kultivar Sanren digunakan sebagai tanaman model untuk mengobservasi perlakuan penambahan sukrosa 3% (P1) dan 8% (P2) pada media *Murashige and Skoog* (MS0) selama sepuluh minggu. Hasil menunjukkan bahwa umbi mikro bawang kultivar Sanren dapat terbentuk pada perlakuan P2. Melalui hasil tersebut, beberapa kultivar lain yaitu Lokananta, Maserati, dan Merdeka juga diujikan agar umbi mikro terinduksi melalui perlakuan penambahan

sukrosa 8%. Terbentuknya umbi mikro diikuti perubahan warna pada bagian basal tanaman dapat diamati mulai minggu ke delapan dan sepuluh. Selain itu, perbedaan respon keempat kultivar ditunjukkan pada tinggi tanaman dan berat umbi. Kultivar Sanren memiliki pertumbuhan tertinggi dibanding Lokananta dan Maserati pada minggu ke delapan. Pada minggu ke sepuluh, Maserati dan Merdeka memiliki berat umbi yang paling tinggi. Hal ini dapat diasumsikan bahwa setiap kultivar bawang merah memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap sumber karbon yang berdampak pada pembentukan diameter umbi mikro dalam media *in vitro*. Kandungan sukrosa tinggi dalam media *in vitro* dapat meniru kondisi dimana gula hasil fotosintesis telah ditransportasikan ke bagian basal tanaman dan memicu pembentukan umbi mikro bawang merah. Melalui studi ini, potensi benih umbi mikro bawang merah dalam kondisi aseptik dapat dihasilkan melalui kultur *in vitro* dengan penambahan konsentrasi sukrosa 8%.

Kata kunci: *Allium cepa*; kultur *in vitro*; kultivar bawang merah; pembentukan umbi mikro; sukrosa

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium cepa* var. aggregatum) menjadi salah satu komoditas hortikultura penting bagi masyarakat Indonesia. yang berperan penting dalam pertanian dan ekonomi masyarakat Indonesia. Akan tetapi, budidaya bawang merah saat ini masih belum mampu memenuhi permintaan pasar dan berdampak pada fluktuasi harga pasar. Salah satu kendala utama dalam budidaya bawang merah adalah belum terjaminnya ketersediaan benih dalam jumlah besar secara cepat dan konsisten, karena produksi benih masih bergantung pada musim dan ketersediaan lahan (Lailandra & Kusnadi, 2024). Dalam budidayanya, petani memiliki preferensi menggunakan umbi sebagai benih daripada biji yang dikenal dengan *true shallot seed* (TSS). Kedua sumber benih tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Keunggulan benih umbi adalah pertumbuhan yang lebih cepat dan produksi umbi yang dihasilkan lebih banyak, meskipun beresiko membawa patogen dan menjadi sumber penyebaran penyakit pada bawang merah. Lain halnya pada benih TSS yang mampu mengeliminasi keterbawaan patogen, tetapi memiliki kelemahan pertumbuhan yang lebih lama (Sulistyaningsih *et al.*, 2020).

Produksi umbi mikro secara *in vitro* menjadi alternatif solusi untuk menghasilkan benih yang bebas penyakit (Kumari *et al.*, 2022; Yasemin & Beruto, 2024). Peningkatan konsentrasi sukrosa dalam media kultur dapat secara signifikan menginduksi pembentukan umbi mikro, karena sukrosa tidak hanya berperan sebagai sumber karbon tetapi juga bertindak sebagai sinyal dalam pengaturan pertumbuhan dan morfogenesis tanaman *in vitro*. Studi oleh Wazir *et al.* (2015) menunjukkan bahwa hasil terbaik dalam induksi umbi mikro kentang adalah dengan pemberian 8% sukrosa (80 g/L) tanpa pemberian fitohormon dalam media *in vitro*. Hal ini juga didukung studi lain yang menyatakan bahwa kadar sukrosa tinggi (80 g/L) lebih efektif dalam menghasilkan umbi mikro kentang daripada pemberian dengan kadar sukrosa rendah (40 g/L). Meskipun jumlah umbi mikro tidak berubah signifikan, tetapi keberhasilan menghasilkan umbi mikro meningkat hingga empat kali lipat pada media dengan sukrosa tinggi (Yu *et al*., 2000). Maka, studi serupa perlu dilakukan pada bawang merah dan diujikan pada beberapa kultivar yang berbeda untuk mengetahui pemanfaatan pemberian sukrosa dalam menghasilkan benih umbi mikro.

Setiap tanaman memiliki respon yang berbeda dalam penyerapan sukrosa dari akar. Untuk mengevaluasi adanya perbedaan respon tersebut, maka perlu dilakukan karakterisasi morfologi antar kultivar bawang merah terhadap konsentrasi sukrosa tinggi. Pembentukan umbi mikro diamati dengan membandingkan media *Murashige and Skoog* (MS) yang mengandung sukrosa 3% sebagai kontrol dan 8% sebagai representatif kondisi sukrosa tinggi. Selanjutnya, beberapa kultivar bawang merah yaitu Sanren, Lokananta, Maserati, dan Merdeka diujikan pada konsentrasi sukrosa 8% untuk dianalisis perbedaan respon setiap kultivarnya. Adanya studi ini diharapkan dapat diterapkan untuk produksi umbi mikro bawang merah yang bebas patogen dengan skala besar di masa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih *True Shallot Seed* (TSS) bawang merah dari tiga kultivar Cap Panah Merah yaitu Sanren F1, Lokananta, Merdeka F1, serta satu kultivar dari Bejo Zaden (Belanda) yaitu Maserati F1. Media dasar yang digunakan adalah *Murashige and Skoog Basal Medium with vitamins* (MS0; PhytoTech Laboratories, USA) dengan penambahan sukrosa (PhytoTech Laboratories, USA) dengan konsentrasi 3% dan 8% sebagai sumber karbon, serta agar murni (pure grade; kekuatan gel 2800 g/cm²) sebagai bahan pemadat.

Metode

1. Sterilisasi dan Kultur Benih

Benih TSS disterilkan dengan perendaman dalam akuades steril, kemudian dalam alkohol 70% sambil diinkubasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama satu menit. Selanjutnya, benih dibilas satu kali menggunakan akuades steril dan direndam dalam larutan kloroks 15% selama 8 menit sambil diinkubasi dengan kecepatan 5.000 rpm perlahan. Proses sterilisasi diakhiri dengan pembilasan sebanyak lima kali menggunakan akuades steril, kemudian benih dikeringkan di atas cawan petri yang dilapisi tisu steril.

Biji yang sudah disterilisasi selanjutnya dikultur dalam media MS0 dan ditempatkan dalam kondisi cahaya merah selama tiga hari. Kultur dipindahkan ke cahaya putih hingga tanaman berumur 4 minggu dan tanaman dalam kondisi siap untuk diberi perlakuan (Gambar 1).

2. Evaluasi Kondisi Sukrosa Tinggi 8%

Pada studi ini, bawang merah kultivar Sanren digunakan sebagai tanaman model yang diujikan (Winona *et al*., 2000). Planlet bawang merah berumur empat minggu disubkultur dan dipindah ke dua jenis media MS0 dengan penambahan sukrosa 3% (P1) dan 8% (P2) (Gambar 1). Setiap perlakuan terdiri atas 10 ulangan dan satu botol kultur berisi tiga tanaman planlet sebagai satu unit percobaan. Pengamatan terhadap pembentukan umbi mikro dilakukan selama 10 minggu setelah subkultur. Parameter yang diamati meliputi keberadaan umbi mikro yang dinilai secara kualitatif menggunakan skoring biner (1 = terbentuk, 0 = tidak terbentuk).

3. Evaluasi Pembentukan Umbi Mikro pada Empat Kultivar Bawang Merah

Berdasarkan hasil tahap sebelumnya, maka evaluasi pembentukan umbi mikro dilakukan pada empat kultivar bawang merah yaitu Sanren, Lokananta, Maserati, dan Merdeka.

Planlet dari masing-masing kultivar yang berumur empat minggu selanjutnya disubkultur ke dalam media MS0 dan sukrosa 8%. Percobaan disusun menggunakan rancangan acak lengkap dengan 10 ulangan, di mana satu ulangan terdiri atas satu botol kultur yang berisi tiga planlet. Pengamatan dilakukan selama 10 minggu setelah subkultur untuk menilai pembentukan dan karakteristik umbi mikro bawang merah. Parameter yang diamati meliputi keberadaan umbi mikro (1 = terbentuk, 0 = tidak terbentuk), ukuran relatif umbi (skala visual 0–3), dan intensitas warna umbi (skala visual 0–3).



Gambar 1. Ilustrasi metode perlakuan induksi umbi dan pengamatan (dibuat dengan BioRender.com)

4. Analisis Data

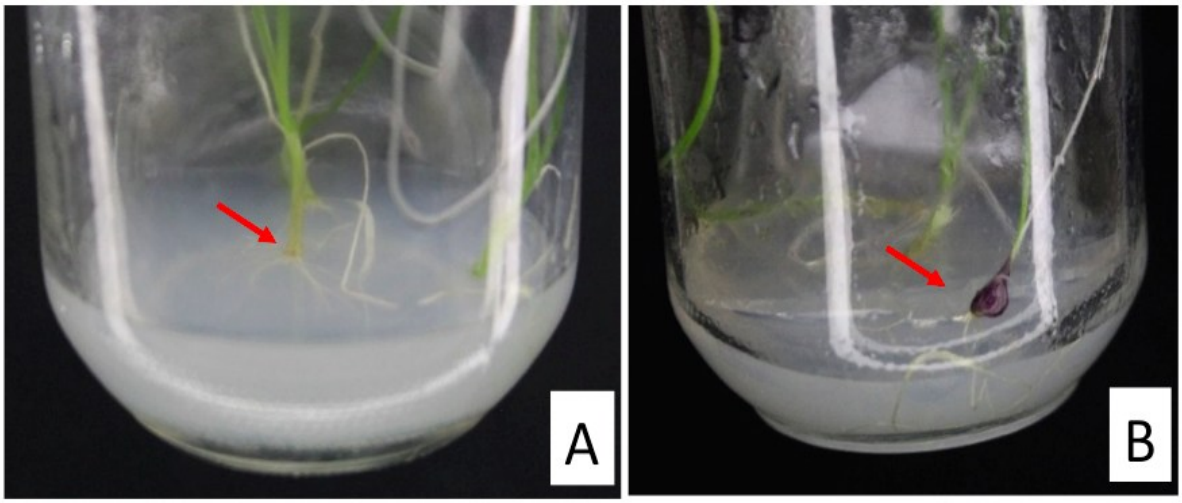
Persentase pembentukan umbi mikro bawang merah dihitung untuk setiap perlakuan. Data keberadaan umbi mikro (1 = terbentuk, 0 = tidak terbentuk) dianalisis menggunakan uji Chi-square (χ^2) untuk menguji perbedaan proporsi antar perlakuan pada taraf kepercayaan 95% (α = 0,05). Skor ukuran dan intensitas warna umbi disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan variasi morfologis antar kultivar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biji bawang merah merupakan kelompok yang memiliki respon sensitif terhadap cahaya merah, sehingga paparan cahaya merah bertujuan untuk menginduksi perkecambahan biji (Solano *et al*., 2020). Perkembangan umbi mikro diamati setelah melalui paparan cahaya merah selama tiga hari dan selanjutnya dikultur pada media perlakuan sukrosa hingga umur empat minggu di kondisi cahaya putih. Perlakuan dua konsentrasi sukrosa yang diujikan, yaitu 3% (P1) sebagai kontrol dan 8% (P2) sebagai representatif konsentrasi sukrosa tinggi. Pada tahap ini, kultivar yang digunakan sebagai model tanaman bawang merah adalah Sanren (Winona *et al.*, 2025)

Secara morfologis, pembentukan umbi mikro pada perlakuan sukrosa 8% mulai tampak jelas sejak minggu ke-4 hingga minggu ke-10 setelah subkultur, ditandai dengan pembesaran pangkal daun dan perubahan warna jaringan menjadi lebih gelap (Gambar 2). Pada minggu ke-10 terlihat pembentukan umbi mikro bawang merah pada perlakuan P2 (Gambar 2B), sedangkan umbi mikro tidak terbentuk pada perlakuan P1 (Gambar 2A). Tidak ditemukannya pembentukan umbi pada perlakuan sukrosa 3% mengindikasikan bahwa kadar sukrosa tersebut belum mencukupi untuk memicu respon morfogenesis umbi.

Analisis data menggunakan uji Chi-Square (χ^2) juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua perlakuan P1 dan P2 terhadap pembentukan umbi mikro bawang merah secara *in vitro* (χ^2=34,74; df=1; p<0,001). Pembentukan umbi mikro hanya terjadi pada perlakuan P2, dengan persentase eksplan yang membentuk umbi sebesar 73,3%, sedangkan pada P1 tidak terbentuk umbi mikro sama sekali (Tabel 1). Hal ini mengindikasikan bahwa media P2 yang mengandung sukrosa 8% dapat memicu pembentukan umbi mikro bawang merah. Sebaliknya, media P1, kondisi sukrosa standar yang digunakan dalam kultur jaringan tanaman, menghasilkan pertumbuhan tanaman yang normal.



Gambar 2. *Hasil kultur* in vitro *pada perlakuan konsentrasi sukrosa ditunjukkan dalam panah berwarna merah. (A) Perlakuan P1 pada kondisi sukrosa 3% dan (B) perlakuan P2 pada sukrosa 8% setelah umur 10 minggu.*

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi sukrosa terhadap pembentukan umbi mikro bawang merah

Perlakuan	Jumlah eksplan (n)	Jumlah terbentuk umbi (n)	Persentase terbentuk umbi (%)	χ^2	df	p-value	Keterangan
P1	30	0	0,0	34,74	1	<0,001	Berbeda nyata
P2	30	22	73,3	–	–	–	–

Keterangan: Nilai χ^2 berdasarkan uji Chi-Square dengan taraf kepercayaan 95% (α = 0,05). P1= media MS0 dan perlakuan konsentrasi sukrosa 3%, P2= media MS0 dan perlakuan konsentrasi sukrosa 3%.

Peningkatan konsentrasi sukrosa berperan penting dalam menginduksi proses pembentukan umbi mikro tanaman. Sukrosa berperan sebagai sumber karbon dalam bentuk *mobile*, dimana selanjutnya sukrosa akan diubah menjadi bentuk karbohidrat lain dan disimpan dalam bentuk umbi mikro. Hal yang mirip juga dilaporkan oleh Le Guen-Le Saos (2002) bahwa kombinasi pemberian sukrosa, senyawa penghambat giberelin (seperti *ancymidol* dan *paclobutrazol*), dan perlakuan cahaya dapat menginduksi umbi pada bawang merah. Pertumbuhan vegetatif bawang merah mencapai optimal pada kondisi sukrosa 3%, namun penghambatan pertumbuhan daun dan akar terlihat bersamaan dengan perkembangan umbi bawang merah pada penambahan konsentrasi sukrosa 5% hingga 7%.

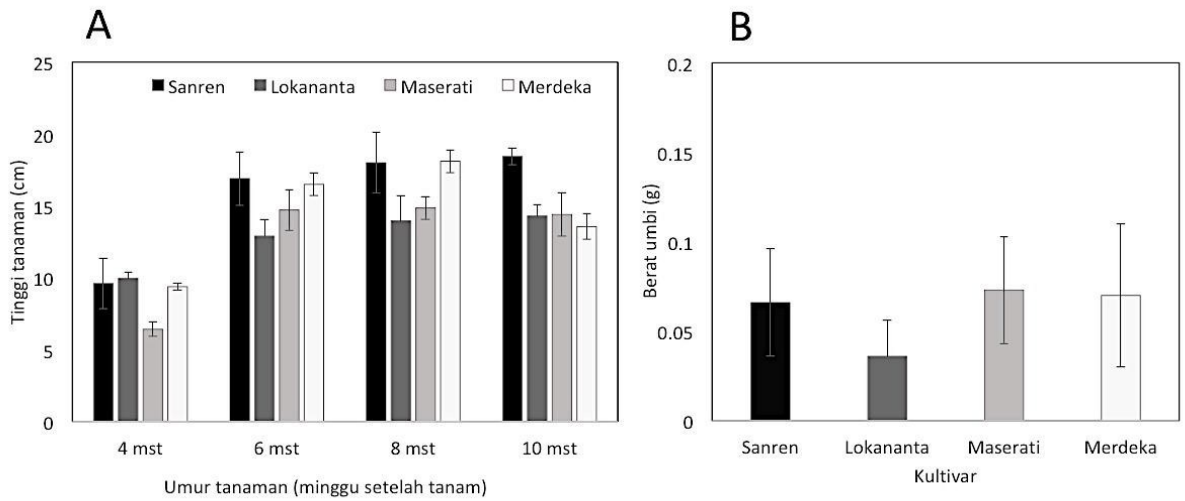
Studi ini juga sejalan dengan beberapa hasil penelitian pada tanaman kentang yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi sukrosa 8% dapat mempercepat pembentukan umbi mikro (Wazir *et al.*, 2015; Hossain *et al*., 2017; Melyan *et al*., 2025). Sebaliknya, konsentrasi sukrosa yang terlalu tinggi hingga 10% dapat menekan perkembangan umbi mikro secara signifikan (Ali *et al*., 2018). Melalui hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi sukrosa 8% dianggap paling optimal untuk mendukung pembentukan umbi mikro pada berbagai spesies umbi, termasuk bawang merah. Studi lain melaporkan mengenai peran dan fungsi sukrosa dalam pembentukan umbi mikro pada tanaman *Lilium lancifolium*. Selain sukrosa merupakan sumber karbon, dalam studi tersebut diketahui bahwa sukrosa juga berperan dalam aktivasi gen-gen pengkode *sucrose synthase (SUSY), sucrose transporter (SUT),* dan *WUSCHEL-related homeobox (WOX)* dimana hal ini berkorelasi positif dengan perkembangan umbi pada Lilium (Hao *et al*., 2024). Melalui penemuan tersebut dapat dimodelkan bahwa perkembangan umbi mikro pada bawang merah diawali dengan adanya kandungan sukrosa tinggi di tanaman yang selanjutnya mengaktifkan sistem transportasi sukrosa melalui *SUT*. Sukrosa akan segera dipecah oleh enzim *SUSY* menjadi bentuk gula sederhana seperti glukosa dan fruktosa. Gula hasil pemecahan ini diasumsikan dapat memberi sinyal gen *WOX* untuk aktif dan menginduksi pembentukan umbi.

Keberhasilan pembentukan umbi mikro bawang merah melalui peningkatan konsentrasi sukrosa berpotensi sebagai langkah penyediaan benih skala luas, sebagaimana penerapan umbi mikro pada kentang. Dengan demikian, pembentukan umbi mikro juga perlu diujikan pada tiga kultivar bawang merah lainnya, yaitu Lokananta, Maserati, dan Merdeka.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pemberian sukrosa 8% di media MS0 berhasil menginduksi pembentukan umbi mikro pada seluruh kultivar bawang merah yang diuji. Pembentukan umbi mulai tampak jelas pada minggu ke-8 sampai minggu ke-10 setelah tanam, dengan variasi ukuran dan intensitas warna antar kultivar. Maserati dan Merdeka menunjukkan pembentukan umbi mikro yang lebih menonjol, baik dari segi ukuran maupun warna (merah keunguan), dibandingkan Sanren dan Lokananta yang menghasilkan umbi lebih kecil dan berwarna lebih pucat. Pengamatan morfologi pada gambar 4A terlihat bahwa Maserati dan Merdeka pertumbuhan tinggi terhenti antara minggu ke-6 dan 8, sedangkan Sanren dan Lokananta masih mengalami pertumbuhan hingga minggu-10. Namun, pada karakter umbi menunjukkan bahwa Maserati dan Merdeka memiliki kecenderungan umbi yang lebih berat dibandingkan dengan Sanren dan Lokananta. Hal ini mengindikasikan bahwa perkembangan umbi mikro bawang diiringi terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman seperti yang telah dilaporkan oleh Le Guen-Le Saos (2002).



Gambar 3. Hasil pengamatan induksi umbi mikro pada minggu ke-4, 6, 8, 10 setelah tanam di beberapa kultivar bawang merah, yaitu Sanren, Lokananta, Maserati, Merdeka



Gambar 4. Hasil pengamatan morfologi berupa (A) tinggi tanaman bawang merah setelah induksi sukrosa 8% pada minggu ke-4, 6, 8, 10, dan (B) berat umbi pada minggu ke-10 setelah tanam di kultivar Sanren, Lokananta, Maserati, Merdeka

Melalui pengamatan pada empat kultivar bawang merah dapat diasumsikan bahwa dengan induksi sukrosa 8%, maka Maserati dan Merdeka menunjukkan respon yang lebih cepat dalam menginduksi umbi mikro dibandingkan dengan Sanren dan Lokananta. Secara keseluruhan, sukrosa tinggi (8%) optimal dalam menginduksi pembentukan umbi mikro bawang merah secara in vitro, dengan variasi respon morfologis yang bergantung pada karakter genetik kultivar. Fenomena ini sejalan dengan temuan (Wazir *et al*., 2015) dan (Yu *et al*., 2000) pada kentang, yang melaporkan bahwa efisiensi pembentukan umbi mikro sangat dipengaruhi oleh genotipe meskipun kondisi kultur identik.

KESIMPULAN

Pemberian sukrosa tinggi (8%) pada media MS0 efektif menginduksi pembentukan umbi mikro secara in vitro pada keempat kultivar bawang merah. Seluruh kultivar menunjukkan respons positif terhadap perlakuan, meskipun terdapat variasi morfologis yang nyata, terutama pada ukuran dan intensitas warna umbi. Kultivar Maserati dan Merdeka menghasilkan umbi mikro berukuran lebih besar dan berwarna lebih pekat dibandingkan Sanren dan Lokananta, yang mengindikasikan tingkat maturitas fisiologis lebih tinggi. Hasil ini menegaskan bahwa konsentrasi sukrosa optimal berperan penting dalam induksi umbi mikro, sedangkan perbedaan respon morfogenik dipengaruhi oleh faktor genetik masing-masing kultivar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan melalui hibah BIMA skema penelitian Pascasarjana-Penelitian Tesis Magister Tahun Anggaran 2024 dengan Perjanjian / Kontrak Nomor 048/E5/PG.02.00.PL/2024 dan 2878/UN1/DITLIT/PT.01.03/2024. Kami juga berterima kasih kepada Bellinda Winona dan Nabilah Mei Wulandari selaku tim riset yang telah memberikan bantuan dalam aspek teknis selama studi ini dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, S., Khan, N., Nouroz, F., Erum, S., & Nasim, W. 2018. Effects of sucrose and growth regulators on the microtuberization ofcip potato (Solanum tuberosum) germplasm. *Pakistan Journal of Botany*, *50*(2): 763–768.

Hao, C., Yang, P., Qu, Y., Hao, Z., Yin, X., Tang, Y., Bi, M., Xu, L., Hu, F., & Ming, J. 2024 Sucrose function on the bulbil formation of Lilium lancifolium. Scientia Horticulturae, 323: 112538. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112538

Hossain, M.S., Hossain, M.M., Haque, M.M., Haque M.M., & Sarkar, M.D. 2016. Varietal Evaluation of Potato Microtuber and Planlet in Seed Tuber Production. International Journal of Agronomy, 2017: 1-5. https://doi.org/10.1155/2017/7520297

Kumari, P., Jasrotia, P., Kumar, D., Kashyap, P. L., Kumar, S., Mishra, C. N., Kumar, S., & Singh, G. P. 2022. Biotechnological Approaches for Host Plant Resistance to Insect Pests. *Frontiers in Genetics*, *13*(June): 1–20. https://doi.org/10.3389/fgene.2022.914029

Lailandra, A., & Kusnadi, N. 2024. *Technical Efficiency Of Shallot Production In Production Centers*. *8* (June): 414–423.

Lee Guen-Le Saos, F., Hourmant, A., Esnault, F., & Chauvin, J. E. 2002. In vitro Bulb Development in Shallot (*Allium cepa* L. Aggregatum Group): Effects of Anti-gibberellins, Sucrose and Light. *Annals of Botany*, 89: 419-425. https://doi.org/10.1093/aob/mcf063

Melyan, G. H., Martirosyan, Y. T., Sahakyan, A. J., Sayadyan, H. Y., Melikyan, A. S., Barseghyan, A. H., Vardanyan, A. S., Martirosyan, H. S., Harutyunyan, M. G., Mkrtchyan, A. L., Hakobjanyan, I. L., Dangyan, K. S., Terteryan, K. H., Khazaryan, K. A., & Galstyan, M. H. 2025. Influence of Nutrient Medium Components on In Vitro Tuberization of Solanum tuberosum L. and Subsequent Minituber Production in Aeroponic and Greenhouse Conditions. *Life*, *15*(2): 1–19. https://doi.org/10.3390/life15020241

Solano, C. J., Hernández, J. A., Suardíaz, J., & Barba-Espín, G. 2020. Impacts of LEDs in the red spectrum on the germination, early seedling growth and antioxidant metabolism of pea (*Pisum sativum* L.) and melon (*Cucumis melo* L.). *Agriculture (Switzerland)*, *10*(6): 1–11. https://doi.org/10.3390/agriculture10060204

Sulistyaningsih, E., Pangestuti, R., & Rosliani, R. 2020. Growth and yield of five prospective shallot selected accessions. *Ilmu Pertanian*, *5*(2): 92–97.

Wazir, A., Gul, Z., Hussain, M., Khan, Z. U., Saleem, M., & Khurshid, I. 2015. Effect of sucrose on inducing in vitro microtuberization in potato without using any growth hormone. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, *7*(1): 118–124. http://www.innspub.net

Winona, B., Sawitri, W.D., idris, M., Handayani, V.D.S., Wibowo, A., Matra, D.D., Doni, F., & Widiastuti, A. 2025. Dynamics of defense-related genes expression in shallott after UV-B-induced resistance against Fusarium acutatum showed time difference. Physiological and Molecular Plant Pathology, 136: 102559. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102559

Yasemin, S., & Beruto, M. 2024. A Review on Flower Bulb Micropropagation: Challenges and Opportunities. *Horticulturae*, *10*(3). https://doi.org/10.3390/horticulturae10030284

Yu, W. C., Joyce, P. J., Cameron, D. C., & McCown, B. H. 2000. Sucrose utilization during potato microtuber growth in bioreactors. *Plant Cell Reports*, *19*(4): 407–413.https://doi.org/10.1007/s002990050748