

Peran Sistem Teknologi *Temporary Immersion Bioreactor System* (TIBS) terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Planlet Tiga Jenis Pisang (*Musa spp.*)***The Role of Temporary Immersion Bioreactor System (TIBS) Technology on the Growth and Development of Planlets of Three Banana Species (*Musa spp.*)***Eryuni^{1*}, Mir Alam Beddu¹, Baharuddin², Suyono³¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Makassar, 90425²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90425³Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Majene, 91412*Email Korespondensi : eryunithebest@gmail.comDOI: <https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v8i2.9541>**ABSTRAK**

Perbanyakan bibit pisang secara konvensional sering kali kurang efisien dan memerlukan waktu lama, sehingga diperlukan inovasi teknologi yang dapat meningkatkan kecepatan dan kualitas produksi bibit. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh sistem *Temporary Immersion Bioreactor System* (TIBS) berbasis media cair terhadap pertumbuhan planlet tiga jenis pisang. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang melibatkan dua faktor: jenis media (media cair TIBS dan media padat) serta jenis pisang (Barangan, Cavendish, dan Kepok Tanjung), dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi waktu munculnya tunas, jumlah tunas per eksplan, jumlah daun, dan berat eksplan, yang dianalisis menggunakan ANOVA dan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil menunjukkan bahwa media cair TIBS secara signifikan mempercepat munculnya tunas (11,89 hari) dibandingkan media padat (27 hari). Jenis pisang Barangan menghasilkan jumlah tunas terbanyak (57,10 tunas) dan berat eksplan tertinggi (33,44 gram), sementara jumlah daun terbanyak diperoleh pada media cair (68,40 helai). Interaksi antara jenis media dan jenis pisang berpengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem TIBS berbasis media cair mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas pertumbuhan planlet pisang, khususnya pada jenis pisang Barangan, sehingga sesuai untuk pengembangan bibit pisang skala besar.

Kata kunci: Planlet pisang, kultur jaringan, media kultur, tibs, pertumbuhan in vitro

ABSTRACT

Conventional banana seedling propagation is often inefficient and time-consuming, so technological innovations are needed that can improve the speed and quality of seedling production. This study aims to assess the effect of liquid media-based Temporary Immersion Bioreactor System (TIBS) on the growth of planlets of three banana species. The research was conducted in a completely randomized design (CRD) involving two factors: media type (TIBS liquid media and solid media) and banana species (Barangan, Cavendish, and Kepok Tanjung), with three replications. The parameters observed included shoot emergence time, number of shoots per explant, number of leaves, and explant weight, which were analyzed using ANOVA and Honest Real Difference test (BNJ) at the 5% level. The results showed that TIBS liquid media significantly accelerated shoot emergence (11.89 days) compared to solid media (27 days). Barangan banana species produced the highest number of shoots (57.10 shoots) and the highest explant weight (33.44 grams), while the highest number of leaves was obtained in liquid media



Article History

Received : 14 May 2025

Revised : 30 May 2025

Accepted : 6 June 2025

AgroRadix is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. Copyright © by Author



(68.40 leaves). The interaction between media type and banana type significantly affected all growth parameters. The conclusion of this study is that the liquid media-based TIBS system is able to improve the efficiency and quality of banana planlet growth, especially in the Barangan banana species, making it suitable for large-scale banana seedling development.

Keywords: *Banana planlets, tissue culture, culture media, tibs, in vitro growth*

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa* spp.) merupakan salah satu buah yang sangat terkenal dan disukai oleh berbagai kalangan di seluruh dunia karena kandungan gizinya yang berguna bagi kesehatan manusia. Selain itu, pisang memiliki keunggulan harga yang relatif lebih murah dibandingkan buah-buahan tropika lainnya, sehingga menjadi pilihan utama dalam konsumsi domestik maupun internasional (Wana & Sayekti, 2024). Keragaman jenis dan varietas pisang sangat luas, baik dari segi bentuk, ukuran, rasa, maupun warna. Data dari (FAO, 2023) melaporkan bahwa genus *Musa* memiliki lebih dari 1.500 varietas, walau hanya setengahnya dibudidayakan secara komersial dan (FAO, 2025) menyebutkan terdapat lebih dari 1.000 varietas pisang di dunia dengan sekitar 500–600 di antaranya dikonsumsi manusia. Di Indonesia dan Malaysia, dikenal sebagai pusat keanekaragaman hayati pisang dunia, dengan sekitar 325 varietas budidaya dan 12 spesies liar (Hastuti, 2021).

Produksi pisang di Tingkat nasional terus mengalami peningkatan pada tahun 2023. Dimana pisang menempati posisi sebagai buah dengan volume produksi tertinggi di Indonesia, yaitu sebesar 9,34 juta ton, dengan Jawa Timur sebagai daerah penghasil utama. Sebagai negara tropis yang memiliki wilayah luas, Indonesia memiliki potensi besar dalam produksi buah-buahan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia, total produksi buah nasional pada tahun tersebut mencapai 28,24 juta ton, mengalami sedikit peningkatan dibandingkan tahun 2022 yang tercatat sebesar 27,71 juta ton. Di antara seluruh komoditas buah, pisang mencatatkan angka produksi tertinggi. Adapun negara-negara utama tujuan ekspor pisang Indonesia pada tahun 2023 meliputi Malaysia, Jepang, dan Singapura (Lubis, 2024).

Salah satu kendala utama dalam pembangunan industri pisang adalah keterbatasan bibit unggul yang berkualitas. Perbanyakan secara konvensional melalui anakan terbatas jumlahnya, hanya sekitar 5–10 bibit per rumpun per tahun. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut, teknologi kultur jaringan (*in vitro*) menjadi solusi efektif karena mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, dan bebas dari hama serta penyakit (Mekonen et al., 2021; Tilaar & Sompotan, 2007; Yuliyati, 2024).

Metode kultur jaringan memanfaatkan potongan tanaman (eksplan) yang ditumbuhkan dalam kondisi steril pada media nutrisi tertentu untuk menghasilkan tanaman utuh. Salah satu inovasi penting dalam kultur jaringan adalah sistem bioreaktor perendaman sementara, atau *Temporary Immersion Bioreactor System* (TIBS), yang memadukan keunggulan sistem semi-solid dan cair. TIBS meningkatkan aerasi, pertukaran gas, dan penyerapan nutrisi sehingga mengurangi risiko hiperhidrasi dan mempercepat pertumbuhan eksplan (Kunakhonnuruk et al., 2018).

Penggunaan TIBS terbukti mampu meningkatkan kecepatan pertumbuhan dan jumlah biomassa tanaman dibandingkan sistem konvensional berbasis media *semi-solid* (Ernayunita & Taryono, 2020). Keberhasilan kultur jaringan sangat dipengaruhi oleh komposisi media, kondisi

steril, jenis eksplan, serta zat pengatur tumbuh, dan respons berbagai kultivar pisang terhadap media kultur juga menjadi aspek penting untuk diteliti (Baharuddin et al., 2020). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk menilai pertumbuhan planlet dari tiga jenis pisang berbeda yang dikembangkan menggunakan dua jenis media kultur yang berbeda, guna mengetahui peran sistem TIBS dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman pisang secara optimal.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin di Makassar. Penelitian ini berlangsung pada Oktober 2024 sampai Februari 2025.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah spiritus, tissue, masker, *gloves* (sarung tangan), eksplan pisang jenis Kepok Tanjung, Cavendis dan Barangan, propagul pisang jenis Kepok Tanjung, Cavendis dan Barangan, media Murashige and Skoog, gula, agar-agar, aquades, alkohol 70 %, plastik wrap, karet gelang, aluminium foil, label, kabel tis, plastik bening, plastik tahan panas, larutan KOH, larutan NaCl, latex, zat pengatur tumbuh 2,4 D, Benzil Amino Purin, dan *Plant Preservative Mixture*.

Alat yang digunakan adalah *Laminar Air Flow* (LAF), lemari pendingin, oven, autoklaf, botol tanam, petridish, gelas ukur, gelas piala, pipet tetes, *hot plate*, pH meter, timbangan analitik, erlenmeyer, magnetic stirrer, hot plate, scapel, mata pisau, pinset, sendok tanduk, sendok panci, penggaris, botol sprayer, korek api, rak kultur dan *Temporary Immersion Bioreactor System* (TIBS).

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam bentuk percobaan faktorial dua faktor yang di-susun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama adalah media kultur (M) yang terdiri atas dua (2) taraf, yaitu: Media cair (M1) dan Media padat (M2). Sedangkan faktor kedua adalah jenis pisang (J) yang terdiri atas tiga taraf, yaitu: Barangan (J1), Cavendish (J2) dan Kepok Tanjung (J3). Sehingga terdapat 6 kombinasi perlakuan yaitu M_1J_1 , M_2J_1 , M_1J_2 , M_2J_2 , M_1J_3 , M_2J_3 . Tiap kombinasi perlakuan diulang 3 kali, sehingga seluruhnya terdapat 18 unit penelitian (tiap unit terdapat 5 ekplan), sehingga seluruhnya terdapat 90 ekplan yang diteliti.

Adapun model matematika penelitian menurut (Dahang et al., 2024) adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i = 1, 2, j = 1, 2, 3, k = 1, 2, 3)$$

Dimana:

Y_{ijk} : Respon tanaman yang diamati

μ : Nilai tengah umum

k : Pengaruh faktor ulangan/kelompok

α_i : Pengaruh faktor media kultur (M) yang ke-i

β_j : Pengaruh faktor jenis pisang (J) yang ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi taraf ke-i dari faktor media kultur dan taraf ke-j dari faktor jenis pisang.

εijk : Pengaruh sisa (galat percobaan) taraf ke-i dari faktor media kultur dan taraf ke-j dari faktor jenis pisang pada ulangan yang ke-k.

Pelaksanaan Penelitian

Sterilisasi Alat dan Ruang Kultur

Tahap sterilisasi alat dan ruang kultur dilakukan dengan menyiapkan alat agar steril sebelum digunakan. Alat untuk penanaman kultur yang terbuat dari bahan logam maupun kaca terlebih dahulu dibungkus dengan kertas sebelum di oven selama 2 jam 30 menit pada suhu 180°C. Sedangkan sterilisasi pada botol-botol media dan alat alat kompartemen TIBS dilakukan dengan terlebih dahulu mencuci dan merendamnya dengan bayclin kemudian mengeringkan dan menyimpannya pada tempat steril dan bersih. Pada ruang kultur dilakukan penyemprotan alkohol demikian pula pada LAF dilakukan penyemprotan menggunakan alkohol 70 % sehingga semua dalam keadaan steril. Alat dan bahan yang akan digunakan kemudian dimasukkan dalam LAF lalu di UV selama 30 menit, setelahnya dilakukan blower selama 15 menit (Latunra et al., 2016).

Pembuatan Media

Pembuatan media *Murashige dan Skoog* (MS) 1 liter adalah dengan memasukkan 250 ml aquades ke dalam beker glass volume 1 liter, kemudian diaduk di atas hot plate magnetic stirrer, lalu dimasukkan media MS (unsur hara makro dan mikro, agar, sukrosa dan vitamin), gula pasir 30 gram, *Plant Preservative Mixture* (PPM) 0,1 ppm, zat pengatur tumbuh *Benzil Amino Purin* (BAP) 4 ppm, kemudian menambahkan aquades sampai mendekati volume 1000 ml, kemudian mengukur pH 5,7 – 5,8. Apabila pH kurang dari 5,7 memberikan tambahan KOH 1 N hingga pH sesuai, apabila pH lebih dari 5,7 memberikan HCl 1 N hingga pH sesuai. Menambahkan aquades hingga volume 1000 ml, kemudian memasukkan agar-agar sebanyak 7 g/L dan memasaknya hingga larutan tersebut mendidih. Larutan yang sudah mendidih dimasukkan ke dalam botol kultur, sebanyak 20 mL/botol, Botol kultur yang telah diisi media ditutup dengan plastik. Dalam setiap 1 liter pembuatan media dihasilkan sejumlah 50 botol kultur yang siap disterilisasi dalam autoclave pada suhu 121°C dan tekanan 15 psi selama 35 menit. Setelah disterilisasi, Botol-botol kultur tersebut disimpan dan didinginkan di rak kultur ditunggu selama 7 hari sehingga media siap digunakan. Pada media cair tidak menggunakan agar dalam media yang dibuat (Mekonen et al., 2021; Tilaar & Sompotan, 2007).

Persiapan Eksplan

Propagul pisang yang digunakan berasal dari eksplan yang tersedia di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin. Eksplan pisang berasal dari tunas adventif yang bebas dari infeksi mikroorganisme penyebab penyakit.

Tahapan Penanaman

Penanaman eksplan dilakukan di dalam LAF yang telah dibersihkan terlebih dahulu dengan alkohol 70%. Tunas anakan 40 - 100 cm sebagai eksplan dicuci bersih dikupas kulit luar kemudian diiris bagian bonggolnya, dipotong lebih kurang 5 cm dan dilakukan perendaman menggunakan H₂O₂ selama 30 menit lalu direndam menggunakan aquades. Kemudian bonggol dikupas dan dibuka setiap lapisan bonggol hingga ukuran 3 cm kemudian kembali di rendam menggunakan klorox 5% selama 20 menit, selanjutnya direndam kembali dalam larutan klorox 0,5% selama 10 menit kemudian dimasukkan dalam aquadest direndam selama 5 menit

kemudian di potong dan dibuka lapisan hingga lapisan akhir bonggol (lapisan inti) yang selanjutnya siap untuk ditanam pada media. Eksplan yang tumbuh kemudian ditanam kembali pada media kalus untuk perbanyakan.

Penanaman induksi kalus dilakukan di LAF. Eksplan kemudian di sub kultur pada media MS untuk induksi kalus dengan penambahan zat pengatur tumbuh auksin 2,4 D 2 mg/l dan BAP 1 mg/l. Setelah umur 1 bulan kalus kemudian di sub kultur kembali pada media MS untuk perbanyakan, kegiatan ini dilakukan LAF. Eksplan ditanam dengan menggunakan pinset steril dan dimasukkan kedalam botol berisi media tanam. Setiap botol diberi 5 propagul kemudian botol kembali ditutup dengan menggunakan tutup plastik dan diberi plastik wrap/wrapping untuk merekatkan botol dengan tutup plastik kemudian disimpan dalam ruang kultur yang steril (Latunra et al., 2016). Adapun Propagul yang diberikan pada masing-masing media yaitu pada media padat 5 propagul perbotol dan pada media cair dengan 5 propagul per alat TIBS.

Pemeliharaan

Pemeliharaan Botol kultur dan alat TIBS disimpan di ruang kultur yang steril dengan pencahayaan lampu neon daya 12 Watt/Joule (10 jam), suhu ruangan 25°C. Botol kultur disemprot alkohol 70 % setiap satu minggu sekali berguna untuk menghindari kontaminasi.

Parameter Pengamatan

Komponen yang diamati dalam penelitian ini meliputi:

1. Waktu muncul tunas

Waktu muncul tunas diamati setiap hari sampai akhir pengamatan dengan cara menghitung hari munculnya tunas pertama. Kriteria tunas yang muncul dengan adanya tonjolan sepanjang 1 mm dari permukaan media yang mengarah keatas.

2. Jumlah tunas

Jumlah tunas dihitung pada akhir pengamatan dengan menghitung tunas yang terbentuk berukuran minimal 1 mm.

3. Jumlah daun

Jumlah daun yang muncul dihitung pada akhir pengamatan dengan menghitung daun yang terbentuk

4. Berat eksplan

Berat eksplan dihitung dengan cara menghitung perubahan berat eksplan dari berat eksplan akhir dikurangi berat eksplan awal (pada media padat) sedangkan untuk media cair pada TIBS adalah dengan mengeluarkan ekplan kemudian menimbangnya.

5. Persentase eksplan hidup.

Menurut (Dewi et al., 2021) persentase eksplan hidup dihitung pada akhir penelitian dengan menghitung seluruh eksplan yang hidup setiap media perlakuan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Eksplan hidup} = \frac{\text{Jumlah eksplan hidup}}{\text{Jumlah eksplan seluruhnya}} \times 100 \%$$

Analisis Data

Hasil pengamatan data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) 5%. Jika perlakuan menunjukkan perbedaan nyata terhadap pertumbuhan maka dilanjutkan uji lanjut oleh Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf α 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Muncul Tunas (hari)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa waktu muncul tunas dipengaruhi oleh perlakuan media kultur dan jenis pisang. Data rata-rata waktu muncul tunas pada semua perlakuan dan jenis pisang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Waktu Muncul Tunas (hari) pada Berbagai Perlakuan dan Jenis Pisang

Media Kultur (M)	Jenis Pisang (J)			Rata-rata	Nilai Perbandingan BNJ α 0,05
	Barangan (J1)	Cavendish (J2)	Kepok Tanjung (J3)		
Media cair (M1)	15,00	9,67	11,00	11,89 ^a	9,36
Media padat (M2)	36,67	24,33	20,00	27,00 ^b	
Rata-rata	25,84 ^b	17,00 ^{ab}	15,50 ^a	-	
NP BNJ α 0,05	11,52				

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama (a,b) berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf α 0,05.

Berdasarkan analisis sidik ragam, penggunaan media kultur berpengaruh sangat nyata terhadap waktu muncul tunas. Perlakuan media cair (TIBS) mempercepat waktu muncul tunas dibanding media padat. Rata-rata waktu muncul tunas pada media cair mencapai 11,89 hari, sedangkan pada media padat sekitar 15,50 hari. Hal ini konsisten dengan hasil sidik ragam yang menunjukkan bahwa perlakuan media kultur berpengaruh sangat nyata terhadap waktu muncul tunas. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ernayunita & Taryono, 2020; Febmita & Putri, 2023), yang menyatakan bahwa media cair memungkinkan penyerapan nutrisi yang lebih efisien dan kondisi yang lebih kondusif untuk induksi tunas karena media cair memberikan kontak langsung nutrisi kepada jaringan eksplan tanpa hambatan medium padat. Namun jenis pisang tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap waktu muncul tunas, namun Jenis Barangan dan Cavendish cenderung lebih cepat dibanding Kepok Tanjung. Selain faktor media, penggunaan bioreaktor (TIBS) dengan system perendaman media selama 2 menit dengan frekuensi perendaman 7 kali dalam 24 jam telah memberikan hasil yang baik dalam pembentukan tunas pada eksplan pisang (*Musa spp.*) dengan tiga jenis yang berbeda. Hal ini sesuai dengan pendapat (Kusuma & Manuhara, 2022) bahwa penanaman pada media cair dengan menggunakan *Temporary Immersion Bioreactor System* (TIBS) dengan frekuensi perendaman yang optimum mampu meningkatkan kualitas tanaman dan kecepatan multiplikasi.

Jumlah Tunas (anakan)

Hasil pengamatan jumlah tunas menunjukkan bahwa perlakuan media kultur berpengaruh sangat nyata, jenis pisang berpengaruh sangat nyata, interaksi antara media kultur dengan jenis pisang berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah tunas. Data rerata jumlah tunas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata jumlah tunas (anakan) pada berbagai media kultur dan jenis pisang

Media Kultur (M)	Jenis Pisang (J)			Rata-rata	Nilai Perbandingan BNJ α 0,05
	Barangan (J1)	Cavendish (J2)	Kepok Tanjung (J3)		
Media cair (M1)	63,27	45,47	43,87	50,87 ^b	7,05
Media padat (M2)	50,93	29,80	30,53	37,09 ^a	
Rata-rata	57,10 ^b	37,64 ^a	37,20 ^a	-	
NP BNJ α 0,05	8,69				

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama (a,b) berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf α 0,05.

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan media kultur berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah tunas. Media cair secara konsisten menghasilkan jumlah tunas yang lebih banyak. Variasi antar jenis pisang tidak signifikan, tetapi pada umumnya, varietas Barangan dan Cavendish menunjukkan hasil terbaik. Data menunjukkan bahwa media cair menghasilkan jumlah tunas yang lebih banyak, khususnya interaksi media cair (TIBS) dengan varietas Barangan, mencapai 57,10 tunas per eksplan. Hal ini sesuai dengan studi (Kusuma & Manuhara, 2022) mendukung hal ini, bahwa sistem kelembaban yang optimal dalam media cair meningkatkan proliferasi tunas akibat penyerapan nutrisi dan oksigen yang lebih baik.

Selain itu, pengaruh media dengan penggunaan bioreaktor pada media cair juga memberikan kontak yang lebih baik antara biomassa dan media, meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman in vitro, sesuai dengan pendapat Saptari et al., (2020), bahwa media cair menstimulasi pertumbuhan biomassa tanaman secara signifikan karena memudahkan pertukaran gas dan nutrisi. Selain faktor media dan penggunaan bioreaktor (TIBS), respons genetik dari berbagai jenis pisang juga turut mempengaruhi hasil kultur in vitro. Dalam penelitian ini, varietas Barangan menunjukkan respons terbaik, diikuti Cavendish dan Kepok Tanjung, khususnya pada media cair (TIBS). Hal ini menunjukkan bahwa meski media kultur menjadi faktor penting, faktor genetik tetap berperan besar dalam keberhasilan proliferasi dan pertumbuhan tanaman. Namun demikian, penggunaan media cair dengan menggunakan bioreaktor (TIBS) mampu memperkuat respon positif dari genetik varietas tertentu, sehingga proses kultur dapat berjalan lebih efisien dan cepat.

Jumlah Daun (helai)

Jumlah daun merupakan parameter morfogenetik penting. Data menunjukkan bahwa jumlah daun tertinggi dicapai pada media cair dan varietas Barangan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata jumlah daun (helai) pada berbagai media kultur dan jenis pisang

Media Kultur (M)	Jenis Pisang (J)			Nilai Perbandingan BNJ α 0,05
	Barangan (J1)	Cavendish (J2)	Kepok Tanjung (J3)	
Media cair (M1)	68,40 ^c _y	54,47 ^b _y	34,40 ^a _x	9,59
Media padat (M2)	38,80 ^{ab} _x	27,93 ^a _x	29,73 ^a _x	
NP BNJ α 0,05	11,81			

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (a, b) atau kolom (x, y) berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf α 0,05.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan media kultur berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah daun dan media cair secara konsisten menghasilkan jumlah daun

yang lebih tinggi. Jenis pisang tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun. Pertumbuhan daun merupakan indikator kesehatan dan perkembangan planlet. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa media cair (TIBS) menghasilkan jumlah daun paling banyak, yaitu 68,40 helai, lebih tinggi dibandingkan media padat. Penelitian oleh Ernayunita & Taryono, (2020) juga menyatakan bahwa media cair meningkatkan proliferasi daun karena memungkinkan penyerapan nutrisi lebih efektif serta sirkulasi oksigen yang optimal, mendukung pertumbuhan daun yang lebih banyak dan sehat. Selain itu media cair memfasilitasi penyerapan nutrisi dan oksigen yang efisien, sehingga pertumbuhan daun dapat berjalan optimal dan pertumbuhan daun yang banyak menunjukkan kesiapan eksplan untuk proses adaptasi dan aklimatisasi nantinya (Ningsih et al., 2021).

Berat Eksplan (g)

Hasil pengamatan berat eksplan menunjukkan bahwa perlakuan media kultur berpengaruh nyata, jenis pisang berpengaruh tidak nyata, interaksi antara media kultur dengan jenis pisang berpengaruh tidak nyata terhadap berat eksplan. Bobot eksplan diukur sebagai indikator biomassa yang dihasilkan selama kultur. Data rata-rata berat eksplan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata berat eksplan (g) pada berbagai media kultur dan jenis pisang

Media Kultur (M)	Jenis Pisang (J)			Rata-rata	Nilai Perbandingan BNJ α 0,05
	Barangan (J1)	Cavendish (J2)	Kepok Tanjung (J3)		
Media cair (M1)	29,08	41,70	29,54	33,44 ^b	10,44
Media padat (M2)	24,95	24,58	19,43	22,99 ^a	
Rata-rata	27,02	33,14	24,49		

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama (a,b) berarti berbeda tidak nyata pada uji BNJ taraf α 0,05.

Analisis sidik ragam memperlihatkan bahwa perlakuan media kultur berpengaruh sangat nyata terhadap berat eksplan. Berat eksplan di media cair (TIBS) signifikan lebih tinggi daripada media padat. Variasi antar jenis pisang tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Namun secara umum, berat (bobot) eksplan pada semua jenis pisang lebih tinggi pada media cair (TIBS) dibandingkan media padat. Hasil menunjukkan bahwa berat eksplan tertinggi dicapai pada media cair, dengan nilai sekitar 33,44 g untuk varietas Cavendish, menandakan respon positif terhadap media cair.

Hal ini menunjukkan bahwa media cair lebih efektif dalam mendukung pertumbuhan eksplan pisang. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Minarsih et al., (2016), bahwa salah satu kelebihan kultur SPS (sistem perendaman sesaat) yang ditunjukkan pada tanaman sagu adalah tingkat proliferasi biomassa yang jauh lebih tinggi dalam masa kultur yang sama dengan kultur pada media padat, sehingga hasil akhir jauh lebih banyak dibandingkan dengan kultur media padat. Selain itu pisang jenis Cavendish yang menunjukkan berat eksplan tertinggi pada media cair (TIBS) menunjukkan respon dengan sangat baik, sehingga menghasilkan pertumbuhan eksplan yang signifikan. Hal tersebut diperkuat oleh Saptari et al., (2020), menyatakan bahwa penggunaan bioreaktor sebagai media untuk produksi dapat memberikan hasil yang lebih baik, efisien, dan lebih berkelanjutan dibandingkan dengan metode tradisional.

Presentase Eksplan Hidup (%)

Persentase eksplan hidup di akhir kultur menunjukkan keberhasilan kultur in vitro. Data rata-rata pada persentase eksplan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata presentase eksplan hidup (%) pada berbagai media kultur dan jenis pisang

Media Kultur (M)	Jenis Pisang (J)			Rata-rata
	Barangan (J1)	Cavendish (J2)	Kepok Tanjung (J3)	
Media cair (M1)	88,3	90,7	92,0	89,4
Media padat (M2)	85,4	82,3	79,3	83,3
Rata-rata	86,9	86,5	85,7	

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan media kultur, jenis pisang, maupun interaksi antara keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase eksplan yang hidup. Namun, berdasarkan data pada Tabel 5, media kultur cair (M1) cenderung menghasilkan rata-rata persentase eksplan hidup yang lebih tinggi, yaitu 89,4%, dibandingkan dengan media kultur padat (M2) yang hanya mencapai 83,3%. Sementara itu, pisang Barangan (J1) menunjukkan kecenderungan memiliki rata-rata eksplan hidup paling tinggi, yaitu 86,9%, dibandingkan dengan pisang Cavendish (J2) sebesar 86,5% dan pisang Kepok Tanjung (J3) sebesar 85,7%. Hasil ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Handayani et al., (2025), yang menyatakan bahwa media cair memiliki potensi meningkatkan daya tumbuh dan kelangsungan eksplan karena adanya distribusi nutrisi yang lebih merata dan aerasi yang lebih baik, meskipun risiko kontaminasi lebih tinggi.

Selain faktor media kultur cair mampu menyediakan nutrisi secara efektif ke seluruh jaringan tanaman sehingga mendukung proses metabolisme dan kelangsungan hidup eksplan. Hal ini sesuai yang diungkapkan oleh Futra et al., (2019), yang menyatakan bahwa Sistem Perendaman Sesaat (SPS/TIBS) mampu meningkatkan kelangsungan eksplan dengan memberikan percepatan distribusi nutrisi serta meningkatkan oksigenasi jaringan tanaman. Selain itu, menurut De Carlo et al., (2021), keunggulan utama dari TIS meliputi distribusi nutrisi yang merata, pengurangan stres tanaman, dan peningkatan kecepatan pertumbuhan. Sistem ini juga membantu dalam mengurangi kebutuhan media kultur yang berlebihan dan memfasilitasi sterilitas yang lebih baik, sehingga meningkatkan hasil biomassa dalam waktu yang lebih singkat dan pada prinsipnya, kondisi aerasi yang lebih baik dengan pengaturan kelembaban dan nutrisi dalam media cair membantu eksplan untuk tetap hidup dengan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem *Temporary Immersion Bioreactor System* (TIBS) berbasis media cair secara signifikan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan planlet tiga jenis pisang (Barangan, Cavendish, dan Kepok Tanjung) dibandingkan dengan media padat. TIBS mampu mempercepat kemunculan tunas (rata-rata 11,89 hari) dibandingkan media padat (27,00 hari), serta menghasilkan lebih banyak tunas dan daun, terutama pada jenis pisang Barangan yang mencapai rata-rata 57,10 tunas dan 68,40 helai daun per eksplan. Selain itu, efektivitas TIBS tercermin dari persentase eksplan hidup yang tinggi (89,4%) dan peningkatan berat eksplan, di mana jenis pisang Barangan dengan media cair mencapai berat tertinggi sebesar 33,44 gram. Penelitian ini menegaskan bahwa TIBS tidak hanya mempercepat regenerasi, tetapi juga meningkatkan kualitas dan kuantitas planlet secara keseluruhan, sehingga sangat potensial untuk diimplementasikan dalam perbanyak bibit

pisang secara massal guna memenuhi kebutuhan benih hortikultura berkualitas tinggi secara efisien dan cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin, Ulfa, F., & Eryuni. (2020). Reactions of banana plantlets *Musa acuminata* L. to extracellular polysaccharides from *Ralstonia zyzygii* subsp. *celebensis* causal agent of blood diseases. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 486(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012154>
- Dahang, D., Nainggolan, L. P., Agroteknologi, P. S., Saintek, F., Quality, U., Agribisnis, P. S., Saintek, F., Quality, U., Program, M., Agribisnis, S., & Quality, U. (2024). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Terhadap Pupuk TSP dan KCL. *Jurnal Agroteknosains*, 8(2), 76–83.
- De Carlo, A., Tarraf, W., Lambardi, M., & Benelli, C. (2021). Temporary Immersion System for Production of Biomass and Bioactive Compounds from Medicinal Plants. *Agronomy*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy11122414>
- Dewi, B. M., Nurhaliza, D., Elvina, Maharani, Aprilia, N., Handayani, P., & Sari, W. (2021). Pengaruh Media Tanam Terhadap Aklimatisasi Planlet Anggrek *Dendrobium* sp. di UPTD Balai Perbanyakan Benih Tanaman Pangan Hortikultura Provinsi Sumatera Selatan. *Prosiding SEMNAS BIO 2021*, 1, 539–548.
- Ernayunita, & Taryono. (2020). Perbaikan Metode Budidaya In Vitro Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Menggunakan Temporary Immersion System (TIS). *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 25(2), 52–63. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v25i2.17>
- FAO. (2023). Banana Market Review 2022. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- FAO. (2025). *Banana Facts and Figures*. Fao.Com. <https://www.fao.org/economic/est/est-commodities/oilcrops/bananas/bananafacts/en/>
- Febmita, E., & Putri, S. D. (2023). Uji Beberapa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) Alami untuk Perbanyakan Vegetatif Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Varietas Kepok Tanjung. *Agroplasma*, 10(1), 216–226. <https://jurnal.ulb.ac.id>
- Futra, A. D., Putra, I. T., & Risandriya, S. K. (2019). Rancang Bangun Sistem Perendaman Sesaat yang Dilengkapi dengan Sensor Level. *Jurnal Integrasi*, 11(2), 130–134.
- Penggunaan Pupuk Daun, Air Kelapa dan Bahan Alami sebagai Substitusi Media pada Kultur In Vitro Krisan Varietas Pinky, 2 SEMINAR NASIONAL KEDAULATAN PERTANIAN 2 TAHUN 2025 199 (2025).
- Hastuti, H. (2021). Pisang Batu (*Musa balbisana*) Colla : Kajian Botani dan Pemanfaatannya. *EduMatSains : Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains*, 5(2), 249–262. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v5i2.2227>
- Kunakhonnuruk, B., Inthima, P., & Kongbangkerd, A. (2018). In vitro propagation of *Epipactis flava* Seidenf., an endangered rheophytic orchid: a first study on factors affecting asymbiotic seed germination, seedling development and greenhouse acclimatization. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 135(3), 419–432. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1475-9>
- Kusuma, D. Y., & Manuhara, Y. S. W. (2022). *Kultur Cair In Vito dalam Bioreaktor Perendaman*

Berkala. Penerbit Erlangga University Press.

- Latunra, A. I., Baharuddin, & Tuwo, M. (2016). Respon Pertumbuhan Propagul Pisang Barangan (*Musa acuminata* Colla) dengan Ekstrak Kecambah Kacang Hijau secara In Vitro. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 2(1), 104–108. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb/article/view/3320>
- Lubis, R. B. (2024). *Buah Paling Banyak Diproduksi di Indonesia 2023*. Goodstats. <https://goodstats.id/infographic/buah-paling-banyak-diproduksi-di-indonesia-2023-kHJeM>
- Mekonen, G., Egu, M. C., & Muthsuwamy, M. (2021). In vitro Propagation of Banana (*Musa paradisiaca* L.) Plant Using Shoot Tip Explant. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(12), 2339–2346. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i12.2339-2346.2883>
- Minarsih, H., Suharyo, Riyadil, I., & Ratnadewi, D. (2016). Pengaruh Jumlah Subkultur dan Media Sub-optimal terhadap Pertumbuhan dan Kemampuan Regenerasi Kalus Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *E-Journal Menara Perkebunan*, 84(1), 28–40. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v84i1.219>
- Ningsih, T. I. S., Nurcahyani, E., Zulkifli, Z., & Irawan, B. (2021). Pertumbuhan Planlet Anggrek *Cattleya* sp. Setelah Penambahan Ekstrak Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada Medium Vacin and Went. *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 19(2), 158–165. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v19i2.6465>
- Saptari, R. T., Sinta, M. M., Riyadi, I., Priyono, & Sumaryono. (2020). Propagasi in vitro tanaman kurma (*Phoenix dactylifera* L.) pada bioreaktor dengan perendaman sesaat. *E-Journal Menara Perkebunan*, 88(2), 90–99. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v88i2.394>
- Tilaar, W., & Sompotan, S. (2007). Multiplication in vitro of Banana Crop (*Musa paradisiaca* var. *Sapientum* L.) in Murashige and Skoog Medium With Supplemented Benzyleaminopurine. *Eugenia*, 13(2), 127–131. <https://doi.org/10.35791/eug.13.2.2007.7194>
- Valmayor, R. V., Jamaluddin, S. H., Silayoi, B., Danh, L. D., Pascua, O. C., & Espino, R. R. C. (2000). Banana cultivar names and synonyms in southeast asia. *International Network for the Improvement of Banana and Plantain - Asia and the Pacific*, 28. http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Banana_cultivar_names_and_synonyms_in_Southeast_Asia_713.pdf
- Wana, H., & Sayekti, A. (2024). *Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika*. 6(1), 750–753.
- Yuliyati. (2024). Tingkat Pertumbuhan dan Kontaminasi Planlet Pisang Barangan (*Musa Acuminata* Colla) pada Temporary Immersion Bioreactor System (TIBS) dan Media Padat. In *repository.unhas.ac.id*, Universitas Hasanuddin, Makassar.