

**Pengaruh 2,4-D dan BAP Terhadap Multiplikasi Tunas Nanas
(*Ananas comosus* L. Merr) Varietas Queen Bogor Secara *in vitro***

***The Effect OF 2,4-D and BAP on Shoot Multiplication of Pineapple
(*Ananas comosus* L. Merr) Bogor Variety in vitro***

Fatimah Nursandi*, Ratna Tri Widiastuti, Aulia Zakia, Frida Rahma Andini, Untung Santoso

Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah
Malang Jl.Raya Tlogomas No 246, Babatan, Tegalondo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang 65144

*Email Korespondensi : ratnatri975@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v8i2.8025>

ABSTRAK

Penyediaan bibit nanas varietas Queen Bogor masih dilakukan secara konvensional yang hanya diperoleh saat tanaman sudah dewasa, dalam jumlah terbatas dan sedikit, serta membutuhkan waktu yang lama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh 2,4-D dan BAP terhadap multiplikasi tunas nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Varietas Queen Bogor secara *in vitro*. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) 2 faktor dan 1 kontrol. Faktor pertama konsentrasi 2,4-D dengan 2 taraf (1 mg/L dan 2 mg/L). Faktor kedua konsentrasi BAP dengan 3 taraf (2 mg/L, 3 mg/L, dan 4 mg/L). Data dianalisis menggunakan metode kontras orthogonal taraf 5%. Apabila terdapat pengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur) taraf 5%. Kontrol dibandingkan 2,4-D + BAP menunjukkan pengaruh tidak nyata atas jumlah kalus, jumlah tunas, jumlah daun, tinggi eksplan, eksplan berkalus, eksplan bertunas, dan eksplan mati. Secara interaksi maupun tunggal penambahan 2,4-D dan BAP berpengaruh tidak nyata terhadap seluruh variabel pengamatan. Faktor yang diduga menyebabkan kontaminasi antara lain adanya partikel-partikel di dalam media yang terbawa masuk dan penggunaan alat yang masih panas.

Kata Kunci: Auksin, Sitokinin, Zat Pengatur Tumbuh.

ABSTRACT

*The supply of Queen Bogor pineapple seeds is still done conventionally which is obtained only when the plant is ripe, in limited and small quantities, and takes a long time. The study aims to determine the effect of 2,4-D and BAP on the multiplication of shoots of *Ananas comosus* L. Merr variety Queen Bogor in vitro. This study used a randomized complete block design with two factors and one control. The first factor is the concentration of 2,4-D which consist of 2 levels (1 mg/L and 2 mg/L). The second factor is the concentration of BAP which consist of 3 levels (2 mg/L, 3 mg/L, and 4 mg/L). Data were analyzed using the orthogonal contrast at level of 5%. If there is a real influence, a further HSD (Honest Significant Difference) test is carried out at a level of 5%. The control compared to the 2,4-D + BAP treatment showed no significant effect on the number of callus, number of buds, number of leaves, explant height, callus explants, sprouting explants, and dead explants. By interaction or singly, 2,4-D and BAP had no significant effect on all observed variables. The factors causing the contamination are the presence of particles that enter the media and the use of the tool is still hot.*

Key words : Auxin, Cytokinins, Plant Growth Regulator.

PENDAHULUAN

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) adalah tumbuhan tropika dari Amerika Selatan. Buah nanas mengandung 0,5 – 1,6 g asam organik, 80% – 86,2% air, 0,3 – 0,6 g mineral, 10 – 18 g gula, 180 mg protein, dan 4,5 – 12 mg nitrogen setiap 100 g. Salah satu nanas yang banyak dibudidayakan petani adalah nanas varietas Queen Bogor yang berbuah kecil dengan rasa manis, dagingnya berwarna kuning mas, dan berserat (Hadiati & Indriyani, 2008).

Produksi nanas di Jawa Timur mengalami penurunan pada tahun 2019 sampai 2021. Menurut BPS, produksi nanas mencapai 250.292 ton di 2019 dengan jumlah rumpun sebanyak 105.332.912 pohon diikuti tahun 2020 sebesar 220.552 ton (96.865.122 rumpun) dan tahun 2021 terus menurun hingga 198.773 ton (119.385.467 pohon) (Badan Pusat Statistik, 2019; Badan Pusat Statistik, 2020; Badan Pusat Statistik, 2021; & Badan Pusat Statistik Jawa Timur, 2021). Penurunan produksi nanas diduga karena produktivitas tanaman nanas yang rendah. Penyediaan bibit nanas Queen umumnya dilakukan secara konvensional dengan menanam bagian tanaman seperti *sucker*, *crown*, dan *shoot* (diperoleh saat tanaman dewasa). *Sucker* diperoleh dalam jumlah terbatas dan sedikit. Perbanyakkan secara konvensional memerlukan periode yang lama (Mahadi, 2017). Oleh karena itu kultur jaringan adalah solusi untuk memperoleh bibit banyak dalam waktu singkat.

Kultur jaringan (*in vitro*) adalah metode penggandaan tumbuhan melalui pengembangan sel, jaringan atau organ di dalam botol sehingga diperoleh tanaman utuh. Tahapan yang bisa dilakukan untuk memperbanyak tanaman nanas secara *in vitro* adalah multiplikasi. Multiplikasi merupakan teknik memperbanyak dari tahap inisiasi tunas sehingga didapatkan banyak jumlah tunas aksilar atau adventif yang muncul (Khasanah & Fathurrahman, 2023). Metode perbanyakkan ini bisa menghasilkan tumbuhan dengan genetik yang persis dengan induknya (Amien *et al.*, 2020). Pada tanaman nanas, bagian yang sering digunakan sebagai eksplan yaitu *crown* (mahkota), *slip* (tunas buah), *shoot* (tunas samping), dan *sucker* (anakan atau tunas batang) (Ekavitri *et al.*, 2013). Eksplan ditanam dalam media berisi zat pengatur tumbuh (ZPT).

Zat pengatur tumbuh (ZPT) ialah senyawa organik pada dosis rendah bisa menginduksi atau mengganggu kelanjutan hidup tanaman. Umumnya ZPT yang diberikan yaitu auksin dan sitokinin. Auksin bertindak untuk mendorong pembelahan sel dan akar. 2,4-D adalah auksin yang berperan dalam pembentukan kalus. Harahap *et al.* (2018) menunjukkan pemberian 0,5 ppm kinetin dan 2 ppm 2,4-D, serta 1 ppm Kinetin dan 1 ppm 2,4-D dapat menginduksi kalus setelah 14 hari dan menghasilkan kalus dengan warna hijau keputihan. Sedangkan pemberian 2,4-D 1 ppm dan Kinetin 0 ppm menunjukkan rata-rata biomassa terberat.

Sitokinin bertindak untuk memisahkan sel dan perbanyakkan tunas adventif. BAP (*Benzyl Amino Purine*) ialah sitokinin yang umum digunakan (Prasetyorini, 2019). Purita *et al.*, 2017 menunjukkan penambahan hormon 0,5 mg/L BAP memunculkan jumlah daun sebanyak 5,03 helai. BAP 1 mg/L memproduksi jumlah tunas pada 35 dan 42 HSI yaitu dengan rata-rata sebanyak 1 – 4 tunas pada setiap planlet. Penambahan 1,5 mg/L BAP dapat mempercepat pertumbuhan planlet nanas hingga 19,43 mm dan penambahan 2 mg/L BAP, rata-rata muncul tunas terjadi pada 3,53 HSI dengan rata-rata daun terjadi pada 8,23 HSI serta rata-rata planlet tumbuh sebanyak 0,90 planlet.

Domini *et al.* (2022) menyatakan bahwa media yang ditambahkan 2 ppm 2,4-D dan 2 ppm BAP merupakan perlakuan yang efisien terhadap embriogenesis somatik tanaman nanas.

Perbandingan rasio auksin dan sitokinin yang seimbang akan menjadikan pertumbuhan akar, daun, dan tunas akan berimbang. Tujuan riset ini adalah untuk mengetahui pengaruh 2,4 Diklorophenoksiasetat (2,4-D) dan *Benzyl Amino Purine* (BAP) terhadap multiplikasi tunas nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Varietas Queen Bogor supaya dapat mengoptimalkan pertumbuhan eksplan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada Agustus – November 2023 di Laboratorium Kultur Mitra Angrek Indonesia, Junrejo, Malang, Jawa Timur. Alat yang diperlukan yaitu autoklaf, botol kultur, petridish, gelas beker, *magnetic stirrer*, *Laminar Air Flow* (LAF), pinset, pipet tetes, *scalpel*, *blade*, kamera,. Bahan yang dibutuhkan yaitu eksplan planlet nanas varietas Queen Bogor berumur 17 bulan dari pusat Bioteknologi UMM, *Benzyl Amino Purine* (BAP), 2,4 Diklorophenoksiasetat (2,4-D), dan komposisi media Murashige Skoog (MS). Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi 2,4-D (D) dengan 2 taraf yaitu 1 mg/L (D₁), dan 2 mg/L (D₂). Faktor kedua konsentrasi BAP (B) dengan 3 taraf yaitu konsentrasi 2 mg/L (B₁), 3 mg/L (B₂), dan 4 mg/L (B₃). Kedua faktor dikombinasikan dan ditambahkan 1 perlakuan kontrol sehingga diperoleh 7 perlakuan. Setiap perlakuan terdapat 4 sampel dan diulang sebanyak 4 kali.

Penelitian dilakukan melalui sterilisasi alat, pembuatan larutan stok hara, pembuatan media perlakuan, sterilisasi media, multiplikasi, dan transfer eksplan. Sterilisasi alat dilakukan dengan autoklaf tekanan 15 psi selama 15 menit. Larutan stok hara dibuat dengan menimbang bahan-bahan media MS sesuai komposisinya. Selanjutnya tahapan membuat media dengan mengambil media MS dan diberi 2,4-D dan BAP. Kemudian disteril selama 15 menit dalam autoklaf bertekanan 15 psi. Multiplikasi dilakukan dengan mengambil eksplan planlet *in vitro* dan dibersihkan dari akar serta daun dipotong hingga pangkal daun (± 1 cm). Eksplan ditanam di dalam media perlakuan. Pengamatan dimulai ketika eksplan berumur 1-8 MST (Minggu Setelah Tanam). Eksplan selanjutnya ditransfer ke dalam media MS dan diamati kembali selama 4 minggu.

Variabel dalam penelitian ini yaitu jumlah kalus (kalus), jumlah tunas (tunas), jumlah daun (helai), tinggi eksplan (cm), persentase eksplan berkalus (%), persentase eksplan bertunas (%), perubahan warna eksplan (%), kontaminasi jamur pada eksplan (%), kontaminasi bakteri pada eksplan (%), dan persentase eksplan mati (%). Data dianalisis menggunakan metode kontras orthogonal taraf 5%. Apabila berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut BNJ (Beda Nyata Jujur) Taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Kalus Eksplan

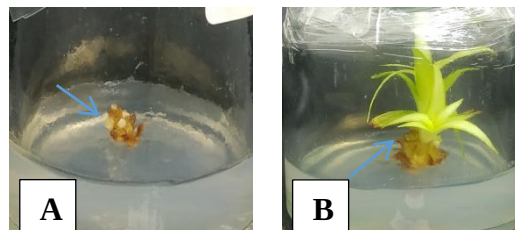
Kalus muncul pada seluruh perlakuan kecuali kontrol semenjak minggu ke 4. Penambahan 2,4-D + BAP memproduksi jumlah kalus sebanyak 1,67 kalus pada 12 MST. Pengaruh tidak nyata terlihat pada penambahan 2,4-D dan BAP secara kombinasi namun cenderung lebih baik pada perlakuan D2B3 yang menghasilkan 3 kalus (Tabel 1).

Tabel 1. Rerata Jumlah Kalus Eksplan Nanas Queen Bogor Akibat Perlakuan Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perlakuan	Rerata Jumlah Kalus Eksplan (Kalus)				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	0,00	0,00	0,00a	0,00a	0,00
Perlakuan	0,71	0,86	1,35a	1,47a	1,67
BNJ 5%			0,62	0,68	
Kontrol (MS 0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4D 1 ppm + BAP 2 ppm (D1B1)	0,25	0,25	0,75	0,75	1,00
2,4D 1 ppm + BAP 3 ppm (D1B2)	1,50	1,67	2,08	2,42	2,92
2,4D 1 ppm + BAP 4 ppm (D1B3)	0,00	0,75	1,25	1,25	0,50
2,4D 2 ppm + BAP 2 ppm (D2B1)	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25
2,4D 2 ppm + BAP 3 ppm (D2B2)	1,50	1,50	2,00	2,38	2,38
2,4D 2 ppm + BAP 4 ppm (D2B3)	1,00	1,00	1,75	1,75	3,00

Keterangan: Apabila terdapat rerata angka diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, hal tersebut memperlihatkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNJ 5% dan data ditransformasi dengan rumus akar kuadrat ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Penambahan 2,4-D + BAP berpengaruh tidak nyata namun diduga merangsang pembuatan kalus pada eksplan nanas Queen Bogor. Evans *et al.* (2003) menyebutkan pemberian dosis auksin dan sitokinin yang tepat mampu mendorong pembentukan kalus yang optimal. BAP 4 ppm dan IAA 0,5 ppm merupakan kombinasi terbaik yang menghasilkan rata-rata kalus terbentuk sebanyak 9,67 kalus (Sihotang *et al.*, 2019). Rerata jumlah kalus dengan perlakuan D1B3 mengalami penurunan pada 12 MST dikarenakan eksplan terkontaminasi jamur yang menyebabkan eksplan mati.



Gambar 1. Eksplan Nanas Queen Bogor.
(A) Berkalus (B) Bertunas

Jumlah Tunas Eksplan

Tunas mulai muncul pada perlakuan kontrol pada 4 MST dan terus muncul hingga 12 MST. Tabel 2 menunjukkan pada 4 dan 6 MST kontrol menghasilkan 3 tunas berbeda nyata dibandingkan perlakuan 2,4-D + BAP. Rerata kontrol mencapai 3,38 tunas dibandingkan kombinasi 2,4-D dan BAP sebanyak 2,96 tunas pada 12 MST. Hal ini diperkirakan karena bahan tanam yang dipakai masih memiliki kandungan auksin endogen yang cukup untuk pembentukan tunas (Oktaviana *et al.*, 2015). Tunas muncul disebabkan adanya sitokinin pada tunas aksilar dan membesar menjadi tunas-tunas baru (Ekavitri, 2013).

Penambahan 2,4-D dan BAP memperlihatkan jumlah tunas rata-rata berkisar 2 – 4,71 tunas dengan perlakuan D1B2 lebih baik dalam menghasilkan tunas pada 12 MST. Iswara (2020) menyatakan eksplan tunas nanas yang ditambahkan 1 mg/L 2,4-D dan 3 mg/L BAP memproduksi sebanyak 15 tunas. Rosita *et al.* (2015) mengemukakan bahwa penambahan dosis sitokinin lebih tinggi daripada auksin mampu mendorong diferensiasi sel dan membentuk tunas. Nurani *et al.*

(2022) membuktikan bahwa kontrol (1 tunas) memproduksi tunas lebih sedikit dibandingkan BAP 1,5 ppm (1,2 tunas); 1,0 ppm (2 tunas); dan 0,5 ppm (1,8 tunas).

Tabel 2. Rerata Jumlah Tunas Eksplan Nanas Queen Bogor Akibat Perlakuan Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perlakuan	Rerata Jumlah Tunas Eksplan (Tunas)				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	3,00b	3,00b	3,00	3,38	3,38
Perlakuan	0,00a	0,00a	1,33	1,38	2,96
BNJ 5%	0,41	0,41			
Kontrol (MS 0)	3,00	3,00	3,00	3,38	3,38
2,4D 1 ppm + BAP 2 ppm (D1B1)	0,00	0,00	2,38	2,00	2,63
2,4D 1 ppm + BAP 3 ppm (D1B2)	0,00	0,00	1,75	2,50	4,71
2,4D 1 ppm + BAP 4 ppm (D1B3)	0,00	0,00	1,50	1,00	2,25
2,4D 2 ppm + BAP 2 ppm (D2B1)	0,00	0,00	1,38	1,63	2,00
2,4D 2 ppm + BAP 3 ppm (D2B2)	0,00	0,00	0,50	0,50	4,00
2,4D 2 ppm + BAP 4 ppm (D2B3)	0,00	0,00	0,50	0,63	2,17

Keterangan: Apabila terdapat rerata angka diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, hal tersebut memperlihatkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNJ 5% dan data ditransformasi dengan rumus akar kuadrat ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Jumlah Daun Eksplan

Rerata daun tumbuhan nanas menunjukkan bahwa kontrol menghasilkan 10,06 helai dibandingkan perlakuan 2,4-D + BAP yang menghasilkan 4,63 helai pada 12 MST (Tabel 3). Meskipun interaksi yang dihasilkan tidak nyata, 2,4-D + BAP diduga mempengaruhi jumlah daun eksplan nanas. Iswara (2020) menunjukkan 1 mg/L 2,4-D dan 3 mg/L BAP secara kombinasi memproduksi 35 helai daun pada eksplan tunas nanas.

Tabel 3. Rerata Jumlah Daun Eksplan Nanas Queen Bogor Akibat Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perlakuan	Jumlah Daun per Eksplan (Helai)				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	3,46b	5,38b	6,52b	8,86b	10,06b
Perlakuan	0,00a	0,42a	0,92a	1,83a	4,63a
BNJ 5%	0,21	0,48	0,74	0,84	1,11
Kontrol (MS 0)	3,46	5,38	6,52	8,86	10,06
2,4D 1 ppm (D1)	0,00	0,33	0,97	2,17	6,00
2,4D 2 ppm (D2)	0,00	0,50	0,86	1,50	3,26
Kontrol (MS 0)	3,46	5,38	6,52	8,86	10,06c
BAP 2 ppm (B1)	0,00	0,50	0,63	1,63	4,34ab
BAP 3 ppm (B2)	0,00	0,38	1,04	2,60	7,09bc
BAP 4 ppm (B3)	0,00	0,38	1,08	1,27	2,46a
BNJ 5%					1,05

Keterangan: Apabila terdapat rerata angka diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, hal tersebut memperlihatkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNJ 5% dan data ditransformasi dengan rumus akar kuadrat ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Pemberian konsentrasi BAP yang tepat dapat mempengaruhi rata-rata jumlah daun tanaman nanas Queen Bogor. Penambahan 3 mg/L BAP memproduksi jumlah daun dengan rata-rata 7,09 helai berbeda tidak nyata dibandingkan kontrol yang menghasilkan 10,06 helai dan lebih baik dibandingkan dengan 4 mg/L dan 2 mg/L BAP yang menghasilkan 4,34 dan 2,46 helai

daun pada 12 MST. Menurut Mashud (2013) jumlah daun yang dihasilkan pada dosis BAP 1,5-3,0 mg/L lebih banyak yaitu 3,13-3,57 helai. (Sagai et al., 2016) membuktikan dosis BAP lebih dari 1 mg/L menunjukkan jumlah daun lebih banyak dengan struktur daun lebih kecil. Khasanah & Fathurrahman (2023) menghasilkan rata-rata 9 helai daun tanaman nanas pada 10 ppm BAP dan 10 ppm NAA.

Tinggi Eksplan

Perlakuan kontrol menunjukkan rata-rata tinggi eksplan yaitu 2,78 cm pada 12 MST dibandingkan 2,4-D + BAP yaitu 1,42 cm. Pemberian 2,4-D secara tunggal membuktikan D1 menunjukkan tinggi lebih baik yaitu 1,35 cm dan D2 yang menghasilkan 1,14 cm namun berbeda nyata dibandingkan kontrol pada 10 MST (Tabel 4).

Tabel 4. Rerata Tinggi Eksplan Eksplan Nanas Queen Bogor Akibat Perlakuan Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perlakuan	Rerata Tinggi Eksplan (cm)					
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	0,68	1,53b	2,06b	2,23b	2,56b	2,78b
Perlakuan	0,70	0,90a	1,02a	1,18a	1,24a	1,42a
BNJ 5%		0,13	0,13	0,13	0,13	0,24
Kontrol (MS 0)	0,68	1,53	2,06	2,23b	2,56b	2,78
2,4D 1 ppm (D1)	0,77	0,94	1,07	1,29a	1,35a	1,57
2,4D 2 ppm (D2)	0,62	0,85	0,98	1,07a	1,14a	1,27
BNJ 5%				0,09	0,09	
Kontrol (MS 0)	0,68	1,53	2,06	2,23	2,56	2,78
BAP 2 ppm (B1)	0,78	0,97	1,10	1,24	1,29	1,45
BAP 3 ppm (B2)	0,65	0,89	0,99	1,18	1,30	1,49
BAP 4 ppm (B3)	0,65	0,83	0,97	1,12	1,14	1,31

Keterangan: Apabila terdapat rerata angka diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, hal tersebut memperlihatkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNJ 5% dan data ditransformasi dengan rumus akar kuadrat ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Tinggi eksplan diduga dipengaruhi oleh 2,4-D sebagai auksin. Karjadi & Buchory (2007) mengungkapkan bahwa auksin bertugas dalam mendorong pertumbuhan, pembagian, pemanjangan, dan diferensiasi sel serta membantu proses pembentukan buah, akar *adventitious*, dominasi apikal, dan menghambat proses absisi. Menurut Widiastoety (2014), pertumbuhan batang disebabkan oleh proses pemecahan, pemanjangan dan pelebaran sel yang berlangsung di ruas batang dan meristem apikal sehingga tumbuhan bertambah tinggi. Penelitiannya membuktikan penambahan 1 mg/L NAA + 1 mg/L BAP dan 0,1 mg/L 2,4-D + 1 mg/L NAA + 1 mg/L BAP menghasilkan tinggi masing-masing yaitu 6,8 dan 7,2 cm lebih baik daripada perlakuan yang lain dan kontrol.

Eksplan Berkalus

Persentase eksplan berkalus pada 12 MST menunjukkan penambahan 2,4-D + BAP menghasilkan sebesar 15,63% dibandingkan kontrol. Kontrol, 2 mg/L, dan 4 mg/L BAP memperlihatkan persentase kalus berbeda nyata pada 6 MST dengan 3 mg/L BAP sebesar 21,88% (Tabel 5). BAP diduga dapat meningkatkan persentase eksplan nanas Queen Bogor membentuk kalus. Saepudin et al. (2023) menunjukkan bahwa pemberian BAP secara eksogen dengan atau tanpa IBA ke dalam media dapat mendukung pembentukan kalus. Kalus merupakan

kumpulan nodul yang merupakan hasil respon dari sel-sel tanaman yang mengalami pelukaan yang dirangsang oleh hormon zat pengatur tumbuh tanaman.

Tabel 5. Persentase Eksplan Berkalus Eksplan Nanas Queen Bogor Akibat Perlakuan Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perlakuan	Eksplan Berkalus (%)				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	0,00	0,00	0,00a	0,00a	0,00
Perlakuan	6,25	10,42	18,75a	17,71a	15,63
BNJ 5%			21,83	21,01	
Kontrol (MS 0)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4D 1 ppm (D1)	6,25	14,58	22,92	22,92	18,75
2,4D 2 ppm (D2)	6,25	6,25	14,58	12,50	12,50
Kontrol (MS 0)	0,00	0,00a	0,00	0,00	0,00
BAP 2 ppm (B1)	3,13	3,13a	12,50	12,50	9,38
BAP 3 ppm (B2)	12,50	21,88b	28,13	25,00	25,00
BAP 4 ppm (B3)	3,13	6,25a	15,63	15,63	12,50
BNJ 5%		18,52			

Keterangan: Apabila terdapat rerata angka diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, hal tersebut memperlihatkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNJ 5% dan data ditransformasi dengan rumus arcsin akar ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Auksin dan sitokinin yang dikombinasikan mampu menghasilkan dampak yang menguntungkan dalam membentuk dan menumbuhkan kalus serta jumlah metabolit sekunder (Mahadi *et al.*, 2016). Semakin bertambahnya umur eksplan maka jumlah metabolit sekunder secara endogen akan semakin banyak (Ibrahim *et al.*, 2010). Meskipun tidak terdapat interaksi yang nyata, persentase eksplan dalam membentuk kalus dipengaruhi oleh 2,4-D dan BAP. Waryastuti *et al.* (2017) membuktikan bahwa dalam membentuk kalus perlakuan 2,4-D 2,5 ppm + BAP 0,3 ppm; dan 0 ppm atau 2 ppm 2,4-D menghasilkan persentase eksplan tertinggi yaitu 100%. Menurunnya persentase eksplan berkalus disebabkan oleh kontaminasi jamur dan browning sehingga menyebabkan eksplan mati.

Eksplan Bertunas

Tabel 6. Persentase Eksplan Bertunas Eksplan Nanas Queen Bogor Akibat Perlakuan Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perlakuan	Eksplan Bertunas (%)				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	25,00b	25,00b	25,00	25,00	25,00
Perlakuan	0,00a	0,00a	12,50	16,67	39,58
BNJ 5%	9,85	9,85			
Kontrol (MS 0)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
2,4D 1 ppm + BAP 2 ppm (D1B1)	0,00	0,00	18,75	25,00	56,25
2,4D 1 ppm + BAP 3 ppm (D1B2)	0,00	0,00	12,50	18,75	43,75
2,4D 1 ppm + BAP 4 ppm (D1B3)	0,00	0,00	12,50	12,50	37,50
2,4D 2 ppm + BAP 2 ppm (D2B1)	0,00	0,00	18,75	25,00	31,25
2,4D 2 ppm + BAP 3 ppm (D2B2)	0,00	0,00	6,25	6,25	31,25
2,4D 2 ppm + BAP 4 ppm (D2B3)	0,00	0,00	6,25	12,50	37,50

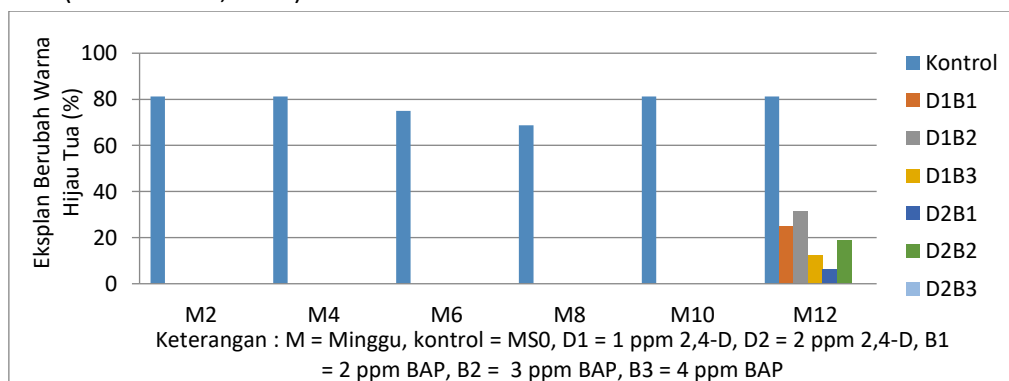
Keterangan: Apabila terdapat rerata angka diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, hal tersebut memperlihatkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNJ 5% dan data ditransformasi dengan rumus arcsin akar ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Persentase eksplan bertunas (Tabel 6) menunjukkan bahwa kontrol menghasilkan 25% dibandingkan perlakuan 2,4-D + BAP saat 4 MST. Habituasi diduga mengakibatkan jaringan sel memproduksi sitokinin endogen secara berlebih sehingga planlet tetap tumbuh pada kondisi kontrol (Sakina *et al.*, 2019). Keadaan tersebut tidak sejalan dengan Kartikasari *et al.* (2013) yang mengemukakan bahwa eksplan hanya bisa menggunakan hormon endogen apabila tanpa pemberian zat pengatur tumbuh sehingga menyebabkan induksi tunas terjadi lebih lama. Selain itu, umur eksplan yang tua diduga memberikan hasil multiplikasi jadi lambat karena sulit untuk tumbuh yang disebabkan karena tanaman dalam fase pertumbuhan yang lanjut sehingga sifat totipotensinya sedikit (Basri, 2016).

Seiring bertambahnya umur eksplan, perlakuan kontrol menghasilkan 25% dan 2,4-D + BAP sebesar 39,58%. Kombinasi 2,4-D + BAP berpengaruh tidak nyata namun perlakuan D1B1 menunjukkan persentase lebih baik yaitu 56,25% pada 12 MST. Hal ini diduga karena adanya penambahan sitokinin berupa BAP. Ratnasari *et al.* (2016) menyatakan penambahan sitokinin TDZ 0,08 mg/L (62,5%); BAP 2 mg/L (75%); Kn 2 mg/L (75%) menunjukkan persentase cenderung lebih tinggi daripada penggunaan TDZ 0,2 mg/L (50%); 4 mg/L BAP (50%); dan Kn 4 mg/L (62,5%). Nursandi *et al.* (2024) telah mengkombinasikan 2,4-D dan TDZ terhadap nanas queen, yang menunjukkan pengaplikasian TDZ secara tunggal mampu menghasilkan eksplan bertunas 62,50% (8 MST) pada konsentrasi TDZ 0,5 ppm. Sedangkan pemberian 2,4-D secara tunggal berpengaruh tidak nyata. Sitokinin (TDZ) dengan konsentrasi lebih rendah umumnya akan membentuk tunas lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi tinggi.

Perubahan Warna Eksplan

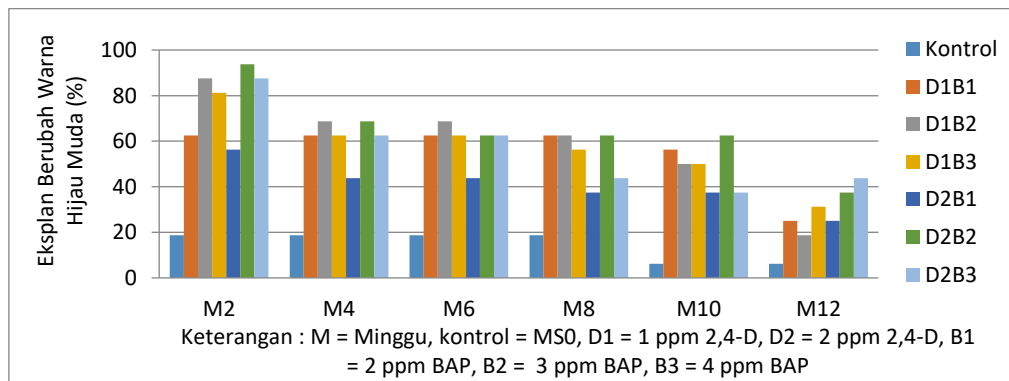
Eksplan yang ditanam pada perlakuan kontrol cenderung berwarna hijau tua dibandingkan eksplan yang ditanam di media perlakuan 2,4-D + BAP. Pada 12 MST, seluruh eksplan mulai mengalami perubahan warna menjadi hijau tua (Gambar 2). Eksplan berwarna hijau tua menunjukkan bahwa eksplan mengandung klorofil endogen yang cukup bagi berlangsungnya fotosintesis eksplan. Fotosintesis berlangsung beserta absorpsi nutrisi oleh eksplan yang mengakibatkan pembesaran eksplan. Hasil fotosintesis banyak dipakai bagi perkembangan tunas baru karena pertumbuhan aktif lebih banyak berlangsung dibagian pucuk tanaman (Yuniati *et al.*, 2018).



Gambar 2. Eksplan Berwarna Hijau Tua (%) Akibat Kombinasi 2,4-D dan BAP

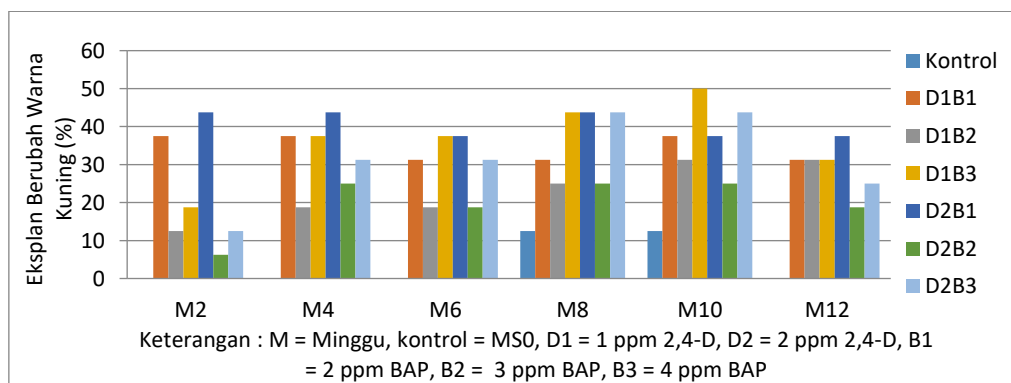
Eksplan nanas queen bogor cenderung berwarna hijau muda pada 1 MST. Semakin bertambahnya umur eksplan, warna hijau muda pada eksplan mengalami perubahan (Gambar 3). Warna hijau menunjukkan bahwa eksplan memiliki kandungan klorofil yang cukup. Menurut Anjarsari *et al.* (2022) 2,4-D berperan dalam membentuk warna hijau.

Keberhasilan eksplan membentuk warna hijau merupakan awal regenerasi yang diinisiasi oleh pembentukan akar dan diikuti pembentukan spot hijau. Selain itu perubahan warna pada eksplan diduga sebagai respon terhadap rangsangan cahaya yang diberikan dan berkembangnya klorofil sehingga eksplan yang hidup mulai berdiferensiasi (Sulichantini *et al.*, 2023).



Gambar 3. Eksplan Berwarna Hijau Muda (%) Akibat Kombinasi 2,4-D dan BAP

Beberapa eksplan mulai berwarna kuning setelah berumur 2 MST khususnya eksplan yang ditanam di media MS yang diberi perlakuan 2,4-D + BAP. Gambar 4 memperlihatkan bahwa eksplan berubah menjadi kuning cenderung terjadi pada 10 MST untuk seluruh perlakuan. Perubahan warna disebabkan oleh keluarnya senyawa yang berasal dari jaringan terluka. Terjadinya perubahan warna bukan berarti matinya jaringan eksplan karena jaringan masih menunjukkan pertambahan ukuran (Budi, 2020).

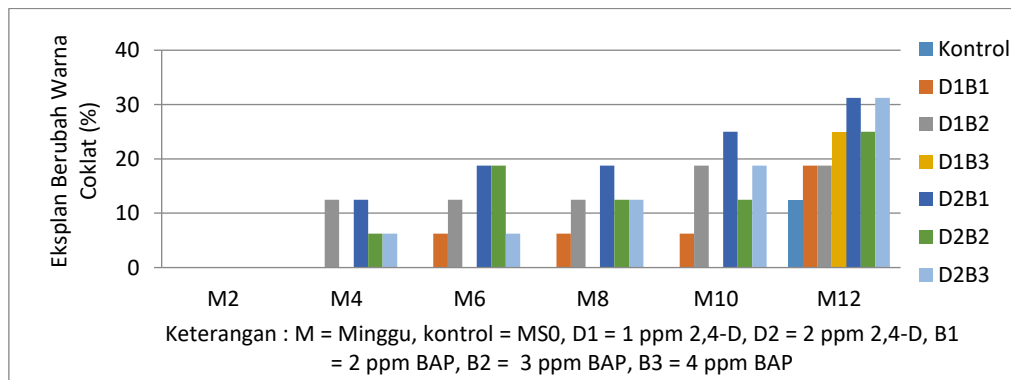


Gambar 4. Eksplan Berwarna Kuning (%) Akibat Kombinasi 2,4-D dan BAP

Perubahan warna juga diduga dipengaruhi oleh hormon yang ada pada media tanam. Menurut Rahayu *et al.* (2003), tingginya konsentrasi auksin dapat menyebabkan menurunnya kandungan klorofil pada eksplan. Hal tersebut disebabkan karena auksin mengganggu metabolisme karbohidrat yang menyebabkan sintesis klorofil juga akan terganggu.

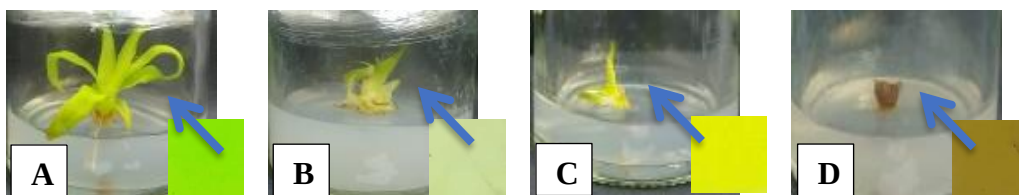
Perubahan warna coklat eksplan (Gambar 5) memperlihatkan bahwa semakin bertambahnya umur eksplan, persentase eksplan berubah warna menjadi coklat terus

meningkat. Pada 4 MST, persentase eksplan berubah menjadi warna coklat terjadi pada media yang diberi perlakuan D1B2, D2B1, D2B2, dan D2B3. Pada 12 MST, beberapa eksplan dari kontrol, D1B1, D1B3 juga mengalami pencoklatan.



Gambar 5. Eksplan Berwarna Coklat (%) Akibat Kombinasi 2,4-D dan BAP

Eksplan berubah coklat (*browning*) disebabkan karena peningkatan senyawa fenol akibat terjadinya pelukaan pada eksplan saat penanaman (Fitroh *et al.*, 2018). Selain itu, tingginya konsentrasi 2,4-D dapat meracuni eksplan. Kondisi ini didukung Illahi *et al.* (2022) bahwa warna putih eksplan petal stamodia kakao berubah menjadi kecoklatan yang diakibatkan oleh tingginya dosis 2,4-D yang bersifat fitoksisitas sehingga dapat menghambat jalannya rediferensiasi dan reinisiasi sel.



Gambar 6. Penggolongan Warna Eksplan. (A) Hijau Tua. (B) Hijau Muda. (C) Kuning. (D) Coklat.

Kontaminasi Jamur Pada Eksplan

Tabel 7. Eksplan Nanas Queen Bogor Terkontaminasi Jamur (%)

Perlakuan	Eksplan Terkontaminasi Jamur (%)			
	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	6,25	6,25	6,25	6,25
2,4D 1 ppm + BAP 2 ppm (D1B1)	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4D 1 ppm + BAP 3 ppm (D1B2)	0,00	0,00	18,75	18,75
2,4D 1 ppm + BAP 4 ppm (D1B3)	0,00	6,25	12,50	12,50
2,4D 2 ppm + BAP 2 ppm (D2B1)	0,00	0,00	6,25	6,25
2,4D 2 ppm + BAP 3 ppm (D2B2)	0,00	0,00	18,75	18,75
2,4D 2 ppm + BAP 4 ppm (D2B3)	0,00	0,00	0,00	0,00

Kontaminasi jamur ditandai dengan munculnya hifa di sekitar eksplan. Eksplan menjadi kering dan munculnya benang berwarna putih sampai abu-abu merupakan tanda-tanda eksplan terkontaminasi jamur (Sugiari *et al.*, 2020). Persentase eksplan terkontaminasi jamur mencapai 18,75% pada 12 MST (Tabel 7).

Kontaminasi dapat disebabkan oleh eksplan (baik internal maupun eksternal), mikroorganisme, alat-alat dan lingkungan kerja yang kurang steril (Andriani & Heriansyah, 2021). Menurut Oratmangun *et al.* (2017), kontaminasi jamur terjadi karena proses penanaman dilakukan pada musim hujan dan sedang banyak media terkontaminasi jamur yang ada pada ruang kultur. Selain itu media tumbuh merupakan makanan yang baik bagi untuk pertumbuhan jamur sehingga eksplan bisa terinfeksi jamur.

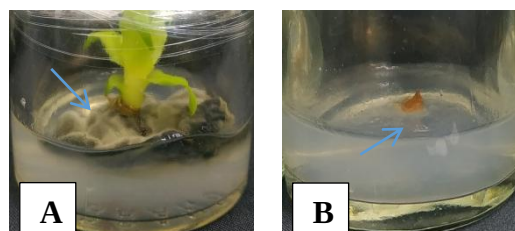
Kontaminasi Bakteri Pada Eksplan

Persentase terkontaminasi bakteri berdasarkan (Tabel 8) berkisar 0-25%. Munculnya kontaminasi bakteri merupakan hal yang wajar karena media yang digunakan kaya akan kandungan air, sumber karbon, sumber mineral, sumber nitrogen, dan vitamin (Yuliarti, 2010). Munculnya lendir di sekitar eksplan yang berwarna putih hingga kekuningan merupakan tanda eksplan terkontaminasi bakteri. Sugiari *et al.* (2020) menyatakan eksplan akan berlendir dengan warna coklat kekuningan apabila terkontaminasi oleh bakteri. Secara umumnya kontaminasi bakteri lebih sukar dideteksi penyebabnya karena bakteri terdapat pada bagian luar dan dalam eksplan.

Tabel 8. Eksplan Nanas Queen Bogor Terkontaminasi Bakteri (%)

Perlakuan	Eksplan Terkontaminasi Bakteri (%)			
	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4D 1 ppm + BAP 2 ppm (D1B1)	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4D 1 ppm + BAP 3 ppm (D1B2)	0,00	0,00	6,25	6,25
2,4D 1 ppm + BAP 4 ppm (D1B3)	0,00	0,00	0,00	0,00
2,4D 2 ppm + BAP 2 ppm (D2B1)	0,00	12,50	18,75	25,00
2,4D 2 ppm + BAP 3 ppm (D2B2)	0,00	12,50	18,75	18,75
2,4D 2 ppm + BAP 4 ppm (D2B3)	6,25	18,75	18,75	18,75

Kontaminasi bakteri diduga karena masuknya organisme dan partikel-partikel ke dalam eksplan melalui bekas luka saat proses multiplikasi. Hal ini didukung oleh pernyataan Andriani & Heriansyah (2021); Abdullah *et al.* (2022) bahwa partikel-partikel dari luar yang ikut saat proses inokulasi dan penggunaan alat-alat kultur yang masih panas dapat menyebabkan eksplan terkontaminasi bakteri.



Gambar 7. Kontaminasi pada eksplan Nanas Queen Bogor (A) Jamur (B) Bakteri

Eksplan Mati

Penambahan 2,4-D + BAP menunjukkan persentase eksplan mati sebesar 35,42% dibandingkan kontrol sebesar 12,50% pada 12 MST. Secara kombinasi, perlakuan D2B1 menunjukkan persentase eksplan mati hingga 50% (Tabel 9).

Tabel 9. Eksplan Nanas Mati Akibat Kombinasi 2,4-D dan BAP (%)

Perlakuan	Eksplan Mati (%)			
	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
Kontrol (MS 0)	6,25	6,25	6,25	12,50
Perlakuan	14,58	20,83	25,00	35,42
Kontrol (MS 0)	6,25	6,25	6,25	12,50
2,4D 1 ppm + BAP 2 ppm (D1B1)	12,50	12,50	12,50	18,75
2,4D 1 ppm + BAP 3 ppm (D1B2)	18,75	18,75	25,00	31,25
2,4D 1 ppm + BAP 4 ppm (D1B3)	6,25	12,50	18,75	31,25
2,4D 2 ppm + BAP 2 ppm (D2B1)	12,50	25,00	25,00	50,00
2,4D 2 ppm + BAP 3 ppm (D2B2)	12,50	25,00	37,50	37,50
2,4D 2 ppm + BAP 4 ppm (D2B3)	25,00	31,25	31,25	37,50

Keterangan: Tidak terdapat perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan (interaksi) dan data ditransformasi dengan rumus arcsin akar ($x + 0,5$) sebelum diolah.

Eksplan yang mati diduga disebabkan oleh beberapa faktor seperti *browning*. Menurut Yuniati *et al.* (2018), *browning* menyebabkan gangguan pada pertumbuhan eksplan. Wati *et al.* (2020) menemukan terjadinya pencoklatan sebagai penyebab eksplan *Begonia bimaensis* mati. Selain itu, kontaminasi jamur dan bakteri dapat mengakibatkan eksplan mati. Hal ini dikarenakan jamur dan bakteri memiliki sifat bersaing dalam memperebutkan nutrisi di media sehingga menghambat perkembangan dan menyebabkan eksplan mati (Imanudin, 2016).

SIMPULAN

Kontrol dibandingkan 2,4-D + BAP menunjukkan pengaruh tidak nyata atas jumlah kalus, jumlah tunas, jumlah daun, tinggi eksplan, eksplan berkalus, eksplan bertunas, dan eksplan mati. Secara interaksi maupun tunggal penambahan 2,4-D dan BAP berpengaruh tidak nyata terhadap seluruh variabel pengamatan. Faktor yang diduga menyebabkan kontaminasi antara lain adanya partikel-partikel di dalam media yang terbawa masuk dan penggunaan alat yang masih panas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. R., Nurokhman, A., Rahayu, S. C., Metalisa, E., & Novitasari, L. (2022). Faktor Kontaminasi Kultur Jaringan Pada Eksplan Biji Duku (*Lansium domesticum* Corr.) Menggunakan Media Murashige And Skoog. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2022, "Integrasi Al-Qu'ran Dalam Pembelajaran Dan Penelitian Pendidikan Biologi,"* 136–141. <http://proceedings.radenfatah.ac.id/index.php/semnaspbio>
- Amien, S., Aji, D. N., & Mamluatul, T. (2020). Multiplikasi Cepat Tunas Tiga Aksesori Stevia Secara In Vitro. *Jurnal Kultivasi*, 19(3), 1247–1253. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i3.29468>
- Andriani, D., & Heriansyah, P. (2021). Identifikasi Jamur Kontaminan pada Berbagai Eksplan Kultur Jaringan Anggrek Alam (*Bromheadia finlaysoniana* (Lind.) Miq. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 4(2), 192–199. <https://doi.org/10.37637/ab.v4i2.723>
- Anjarsari, I. R. D., Suminar, E., & Murgayanti, M. (2022). Studi Pendahuluan Regenerasi Eksplan Teh Sebagai Upaya Percepatan Penyediaan Bibit Unggul Secara In Vitro. *Jurnal Kultivasi*, 21(3), 360–368. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.36607>
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Produksi Tanaman Buah-buahan 2019*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/3/produksi-tanaman-buah-buahan.html>

- Badan Pusat Statistik. (2020). *Produksi Tanaman Buah-buahan 2020*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/2/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Produksi Tanaman Buah-buahan 2021*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur. (2021). *Statistik Hortikultura Provinsi Jawa Timur 2021*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. <https://jatim.bps.go.id/id/publication/2022/11/23/934edf0e824bbcc3c065b6cb/statistik-hortikultura-provinsi-jawa-timur-2021.html>
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan Dalam Perbanyakan Tanaman Berbasis Virus. *Agrica Ekstensia*, 10(1), 64–73. [https://www.polbangtanmedan.ac.id/pdf/Jurnal 2016/Vol 10 No 1/08 Arie.pdf](https://www.polbangtanmedan.ac.id/pdf/Jurnal%2016/Vol%2010%20No%201/08%20Arie.pdf)
- Budi, R. S. (2020). Uji Komposisi Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Pertumbuhan Eksplan Pisang Barangan (*Musa paradisiaca* L.) Pada Media MS Secara In Vitro. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 3(1), 101–111. <https://doi.org/10.30743/best.v3i1.2475>
- Domini, A. K., Brito, D. P., Antonio, A. G., Pool, F. A. B., Cortés, J. O. M., Andreu, L. G. I., Velázquez, A. C., Flick, A. C., Viñas, S. A. A., Llanes, Y. R., & Buzzy, N. S. (2022). Indirect Somatic Embryogenesis: An Efficient and Genetically Reliable Clonal Propagation System for *Ananas comosus* L. Merr. Hybrid “MD2.” *Agriculture (Switzerland)*, 12(5), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050713>
- Ekavitri, D., Wulandari, S., & Mahadi, I. (2013). Mikropropagasi Nanas Bogor (*Ananas comosus* L. Merr.) Cv. Queen dengan Pemberian Naftalen Acetyl Acyd (NAA) dan Kinetin pada Media Murashige Skoog (MS). *Biology*, 1–8.
- Evans, D. E., Coleman, J. O. D., & Keamas, A. (2003). *Plant Cell Culture*. Bios Scientific.
- Fitroh, A. I., Dwiyan, R., Wijaya, I. K. A., & Yuswanti, H. (2018). Pengaruh 2,4-D terhadap Induksi Kalus Daun Stroberi (*Fragaria* sp.) dengan Media Alternatif Nutrisi Hidroponik AB Mix. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 7(3), 304–315. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Hadiati, S., & Indriyani, N. L. P. (2008). *Petunjuk Teknis Budidaya Nenas*. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/13254>
- Harahap, F., Djulia, E., Purnama, D., Nusyirwan, Rahayu, S., Poerwanto, R., & Ananda, K. R. (2018). Pertumbuhan Kalus Nanas (*Ananas comosus* L.) Sipahutar dengan Eksplan Daun In Vitro Hasil Perlakuan Zat Pengatur Tumbuh. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya, 12 Oktober 2018*. <http://digilib.unimed.ac.id/35508/>
- Ibrahim, M. S. ., Rostiana, O., & Khumaida, N. (2010). Pengaruh Umur Eksplan Terhadap Keberhasilan Pembentukan Kalus Embriogenik Pada Kultur Meristem Jahe (*Zingiber officinale* Rosc). *Jurnal Littri*, 16(1), 37–42. <https://doi.org/10.21082/jlittri.v16n1.2010.37-42>
- Illahi, A. K., Ratnasari, E., & Dewi, S. K. (2022). Pengaruh 2, 4-D Terhadap Pertumbuhan Kalus Daun Diospyros discolor Willd pada Media MS Secara In Vitro. *Lentera Bio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(3), 369–377. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index%0A369>
- Imanudin. (2016). Pengaruh Penambahan Air Rebusan Kentang (*Solanum tuberosum* L.), BAP Dan NAA Terhadap Induksi Tunas Jati Emas (*Cordia subcordata*) Secara In Vitro [Universitas Muhammadiyah Yogyakarta]. In *Skripsi*. <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/6525>

- Iswara, S. (2020). *Respon Pertumbuhan Kultur Tunas Nanas Sipahutar (Ananas comosus (L.) Merr) pada Media MS dengan Kombinasi 2,4-D dan BAP*. Universitas Sumatera Utara.
- Karjadi, A. K., & Buchory, A. (2007). Pengaruh Penambahan Auksin dan Sitokinin terhadap Pertumbuhan Tunas Bawang Putih. *Jurnal Hortikultura*, 17(4), 314–320. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.21082/jhort.v17n4.2007.p%p>
- Kartikasari, P., Hidayat, M. T., & Ratnasari, E. (2013). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) dan Kinetin (6-Furfurylaminopurine) untuk Pertumbuhan Tunas Eksplan Pucuk Tanaman Jabon (*Anthocephalus cadamba* Miq. ex Roxb.) secara In Vitro. *Lentera Bio: Berkala Ilmiah Biologi*, 2(1), 78–80. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/1391>
- Khasanah, R. N., & Fathurrahman. (2023). Multiplikasi Eksplan Mahkota Nanas (*Ananas comosus* L. Merr.) Varietas Suska Kualu Riau Pada Perlakuan BAP dan NAA. *Jurnal Dinamika Pertanian*, XXXIX(1), 1–10. [https://doi.org/https://doi.org/10.25299/dp.2023.vol39\(1\).14061](https://doi.org/https://doi.org/10.25299/dp.2023.vol39(1).14061)
- Mahadi, I. (2017). Multiplikasi Tunas Nanas Bogor (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Queen dengan Menggunakan Hormon Indole Acetic Acid (IAA) dan Benzyl Amino Purin (BAP). *Jurnal Agrotek Tropika*, 6(2), 56–61. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/804697>
- Mahadi, I., Syafi'i, W., & Sari, Y. (2016). Callus Induction of Calamansi (*Citrus microcarpa*) Using 2,4-D and BAP Hormones by in vitro Methods. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), 84–89. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.84>
- Mashud, N. (2013). Efek Zat Pengatur Tumbuh BAP Terhadap Pertumbuhan Planlet Kelapa Genjah Kopyor dari Kecambah yang Dibelah. *Buletin Palma*, 14(2), 82–87. <https://repository.pertanian.go.id/bitstreams/fc613a71-0328-46c4-9e9e-44b0a7909174/download#:~:text=Hasil penelitian menunjukkan bahwa zat,kecambah yang dibelah sebagai eksplan.>
- Nurani, A., Aprilia, E., Murgayanti, & A.P., W. (2022). Pengaruh Konsentrasi Benzylaminopurine Terhadap Pertumbuhan Eksplan Tunas Aksilar Rami Klon Lokal Wonosobo Secara In Vitro. *Jurnal Kultivasi*, 21(2), 166–172. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36540>
- Nursandi, F., Andini, F. R., & Septia, E. D. (2024). Pengaruh 2,4 Diklorofenoksiasetat (2,4-D) dan Thidiazuron (TDZ) Terhadap Multiplikasi Tunas Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Varietas Queen Secara Kultur In Vitro. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 8(2), 141–158. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v8i2.678>
- Oktaviana, M. A., Linda, R., & Mukarlina. (2015). Pertumbuhan Tunas Mahkota Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Secara In Vitro dengan Penambahan Ekstrak Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) dan Benzyl Amino Purin (BAP). *Jurnal Protobiont*, 4(3), 109–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v4i3.13342>
- Oratmangun, K. M., Pandiangan, D., & Kandou, F. E. (2017). Deskripsi Jenis-Jenis Kontaminan Dari Kultur Kalus *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Jurnal MIPA UNSRAT ONLINE*, 6(1), 47–52. <https://doi.org/10.35799/jm.6.1.2017.16154>
- Prasetyorini. (2019). *Kultur Jaringan* (1st ed.). Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Pakuan. <https://repository.unpak.ac.id/tukangna/repo/file/files-20200309062304.pdf>
- Purita, S. Y., Ardriani, N. R., & Basuki, N. (2017). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Jenis BAP

- Terhadap Pertumbuhan Planlet Sub Kultur Jaringan Tanaman Nanas (*Ananas comosus* L. Merr). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(7), 1207–1212. <https://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/495/498>
- Rahayu, B., Solichatun, & Anggarwulan, E. (2003). Pengaruh Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) terhadap Pembentukan dan Pertumbuhan Kalus serta Kandungan Flavonoid Kultur Kalus *Acalypha indica* L. *Biofarmasi*, 1(1), 1–6. <http://unsjournals.com/blog/w.../uploads/2011/05/F0101ALL.pdf>
- Ratnasari., B. D., Suminar, E., Nuraini, A., & Ismail, A. (2016). Pengujian Efektivitas Berbagai Jenis Dan Konsentrasi Sitokinin Terhadap Multiplikasi Tunas Mikro Pisang (*Musa paradisiaca* L.) Secara In Vitro. *Jurnal Kultivasi*, 15(2), 74–80. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v15i2.11870>
- Rosita, E., Siregar, L. A. M., & Kardhinata, E. H. (2015). Pengaruh Jenis Eksplan dan Komposisi Media terhadap Pembentukan Tunas Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Secara In Vitro. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1), 1756–1761. <https://doi.org/10.32734/jaet.v4i1.12893>
- Saepudin, A., Sunarya, Y., & Hasanah, D. M. (2023). Pengaruh Konsentrasi Indole Butyric Acid (IBA) dan Benzyl Amino Purin (BAP) Terhadap Pertumbuhan Eksplan Pisang Barangan (*Musa acuminata* C.) Secara In Vitro. *Jurnal Semnas: Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Ke-47 UNS Tahun 2023*, 7(1), 1293–1310. <https://proceeding.uns.ac.id/semnasfp/article/view/302>
- Sagai, E., Doodoh, B., & Kojoh, D. (2016). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Benzil Amino Purin (BAP) Terhadap Induksi dan Multiplikasi Tunas Brokoli Brassica oleraceae L. Var. Italica Plenck. *E-Jurnal Unsrat*, 7(6), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.35791/cocos.v7i6.13885>
- Sakina, S., Anwar, S., & Kusmiyati, F. (2019). Pertumbuhan Planlet Anggrek Dendrobium (*Dendrobium* sp.) secara In Vitro pada Konsentrasi BAP dan NAA Berbeda. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(3), 430–437. <https://talenta.usu.ac.id/jpt>
- Sihotang, S., Renfiyeni, Suliansyah, I., & Jamsari. (2019). Induksi Kalus dengan BAP (Benzylaminopurin) dan IAA (Indoleacetic acid) pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) Lokal Genotipe Lotanbar Sumatera Barat. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 3(2), 67–74. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31289/agr.v3i2.2547>
- Sugiari, L. P., Sritamin, M., & Dwiyan, R. (2020). Induksi Tunas Tanaman Rasberi Hitam (*Rubus occidentalis* L.) Melalui Direct Organogenesis Secara In Vitro. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 9(4), 299–308. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Sulichantini, E. D., Nazari, A. P. D., & Nuansyah, A. (2023). Aplikasi Kombinasi Jenis dan Konsentrasi Antioksidan yang Berbeda sebagai Penghambat Browning pada Perbanyakan Pisang Cavendish secara Kultur Jaringan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(2), 78–83. <https://doi.org/210.35941/JATL>
- Waryastuti, D. E., Setyobudi, L., & Wardiyati, T. (2017). Pengaruh Tingkat Konsentrasi 2,4-D dan BAP pada Media MS terhadap Induksi Kalus Embriogenik Temulawak (*Cucurma xanthorrhiza* Roxb.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(1), 140–149. <https://doi.org/10.21176/protan.v5i1.362>
- Wati, T., Astarini, I. A., Pharmawati, M., & Hendriyani, E. (2020). Perbanyakan Begonia Bimaensis Undaharta & Ardaka Dengan Teknik Kultur Jaringan. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 7(1), 112–122. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v07.i01.p15>

- Widiastoety, D. (2014). Pengaruh Auksin dan Sitokinin Terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek Mokara. *Jurnal Hortikultura*, 24(3), 230–238. <https://doi.org/10.21082/jhort.v24n3.2014.p230-238>
- Yuliarti, N. (2010). *Kultur Jaringan Tanaman Skala Rumah Tangga*. Lily Publisher.
- Yuniati, F., Haryanti, S., & Prihastanti, E. (2018). Pengaruh Hormon dan Ukuran Eksplan terhadap Pertumbuhan Mata Tunas Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca* var. Raja Bulu) Secara In Vitro. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 3(1), 20. <https://doi.org/10.14710/baf.3.1.2018.20-28>