



Pengaruh 2,4 Diklorofenoksiasetat (2,4-D) dan Thidiazuron (TDZ) Terhadap Multiplikasi Tunas Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Varietas Queen Secara Kultur *In Vitro*

*The Effect of 2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) and Thidiazuron (TDZ) on Shoot Multiplication of Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Queen Variety In Vitro*

Author(s): Fatimah Nursandi^{(1)*}; Frida Rahma Andini⁽¹⁾; Erfan Dani Septia⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universitas Muhammadiyah Malang

*Corresponding author: fatimahnsandi@umm.ac.id

Submitted: 12 Aug 2024

Accepted: 11 Sep 2024

Published: 30 Sep 2024

ABSTRAK

Potensi ekspor nanas berupa produk nanas kalengan meningkat, namun perbanyak bibit masih konvensional yang membutuhkan waktu lama seperti menggunakan mahkota 18-24 bulan, sucker (tunas batang) 14-17 bulan, slip (tunas buah) sekitar 15-20 bulan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh zat pengatur tumbuh 2,4-D dan TDZ terhadap multiplikasi tunas nanas varietas Queen. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) kontras ortogonal dengan 2 faktor dan 1 kontrol. Faktor pertama konsentrasi ZPT TDZ dengan 3 taraf (0,1 ppm; 0,3 ppm; dan 0,5 ppm). Faktor kedua konsentrasi ZPT 2,4-D dengan 2 taraf (1 ppm dan 2 ppm). Data dianalisis menggunakan ANOVA dan apabila berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji lanjut BNJ $\alpha = 5\%$. Hasil penelitian pemberian 2,4-D dan TDZ menunjukkan interaksi tidak nyata antara kontrol dengan perlakuan terhadap semua variabel penelitian selama 12 MST (Minggu Setelah Tanam). Kombinasi 2,4-D dan TDZ menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap semua variabel penelitian selama 12 MST. Konsentrasi TDZ berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas eksplan dan eksplan berkalus (%) nanas Queen, di mana TDZ konsentrasi 0,3 ppm cenderung lebih efektif dalam menghasilkan tunas eksplan nanas Queen. Berbagai konsentrasi 2,4-D memberikan pengaruh tidak nyata terhadap semua variabel penelitian selama 12 MST.

Kata Kunci:

2,4-D;
Nanas;
Perbanyak bibit;
TDZ;

ABSTRACT

Keywords: *The export potential of pineapple products is increasing, but the reproduction of seedlings is still conventional and takes a long time, such as using a crown of 18–24 months, a sucker of 14–17 months, and a slip of 15–20 months. The study aimed to determine the effects of the growth regulators 2,4-D and thidiazuron on the shoot multiplication of pineapple 'Queen'. The pattern used is a randomized block design of orthogonal contrast with 2 factors and 1 control. The first factor is the concentration of TDZ, which has three levels (0,1 ppm; 0,3 ppm; and 0,5 ppm). The second factor is the concentration of 2,4-D with 2 levels (1 ppm and 2 ppm). The data were analyzed using ANOVA and continued with HSD (Honestly Significant Difference) $\alpha = 5\%$. The results of the study given 2,4-D and TDZ showed an insignificant interaction between controls and all treatments on all parameters for 12 weeks after planting. The combination of 2,4-D and TDZ indicated an insignificant interaction with all parameters during the 12 weeks after planting. TDZ concentrations had a significant influence on the number of explant shoots and the percentage of shooting explants (%) of Queen pineapples, where 0,3 ppm concentrations of TDZ tended to be more effective in producing shoots. Various concentrations of 2,4-D produced an insignificant influence on all parameters for 12 weeks after planting.*

2,4-D;
Pineapple;
Seedling propagation;
TDZ



PENDAHULUAN

Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) tergolong dalam famili *Bromeliaceae* berasal dari Amerika Selatan. Produksi nanas di Indonesia tahun 2021 mencapai 2,89 juta ton, terdapat peningkatan sebesar 439,18 ribu ton dari produksi nanas tahun 2020 sebesar 2.447,24 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Hal tersebut mendorong potensi ekspor berupa produk buah nanas kalengan meningkat. Nilai ekspor nanas tahun 2021 mencapai US\$ 336,93 juta, meningkat sebesar 22,9% dari tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2021).

Kendala yang terjadi pada budidaya nanas adalah budidaya secara konvensional dominan dengan memanfaatkan bagian vegetatif nanas seperti mahkota, *slip*, *shoot* (tunas samping), dan *sucker* (anakan) yang memerlukan waktu lebih lama, dengan hasil bibit lebih sedikit dan tidak seragam (Mahadi, 2016). Menurut Roza (2021), perbanyak bibit nanas dengan menggunakan mahkota membutuhkan waktu sekitar 18-24 bulan, *sucker* (tunas batang) sekitar 14-17 bulan, *slip* (tunas buah) sekitar 15-20 bulan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut yakni dengan menerapkan teknik kultur jaringan yang mampu memproduksi bibit secara masal dan seragam dalam waktu relatif singkat. Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan kultur seperti sumber bahan dan kondisi eksplan, genotipe tanaman, unsur-unsur hara yang diperlukan tanaman, komposisi dan kesterilan media tanam, komposisi hormon tumbuh eksplan, lingkungan tumbuh eksplan (meliputi suhu, kelembaban, cahaya), pekerja dan pelaksanaan atau teknis kerja (Basri, 2016).

Tahapan yang dilakukan dalam kultur *in vitro* yakni multiplikasi tunas yang merupakan proses penggandaan tanaman yang sebelumnya telah melalui

proses induksi kalus dilanjutkan proses subkultur tunas hasil induksi pada media elongasi. Bagian tanaman sebagai eksplan baiknya masih muda karena terdapat jaringan bersifat meristematik sehingga mudah membentuk kalus yang berkembang membentuk tunas. Semakin banyak tunas terbentuk maka semakin banyak tunas baru yang muncul (Dwiyani, 2015; Ilham *et al.*, 2019). Umumnya nanas hasil kultur memiliki perakaran yang lemah sehingga pertumbuhannya menjadi lambat (Elfiani, 2011). Hal tersebut dapat dipacu dengan penambahan zat pengatur tumbuh untuk mengoptimalkan pertumbuhan bibit. Zat pengatur tumbuh yang biasa digunakan merupakan golongan auksin dan sitokinin (Mahadi, 2016).

Auksin berperan memacu pertumbuhan diferensiasi dan percabangan akar, memacu pertambahan panjang batang, serta dominansi apikal (Arimarsetiowati & Ardiyani, 2012). Golongan auksin yang digunakan seperti asam 2,4 Diklorofenoksiasetat (2,4-D) berperan penting menginduksi pembentukan dan pertumbuhan kalus (Harahap *et al.*, 2018). Sitokinin berperan memacu proses pembelahan sel, inisiasi pucuk, dan pembentukan organ, memacu laju multiplikasi tunas melalui percabangan aksilar (Mahadi, 2016). Contoh sitokinin yang banyak digunakan adalah Thidiazuron (TDZ) berperan menginduksi pembentukan tunas adventif dan proliferasi tunas aksilar, menginduksi pembelahan sel secara cepat pada sel meristem sehingga membentuk primordia tunas (Lestari, 2011).

Harahap *et al.* (2018) telah mengombinasikan 2,4-D dengan kinetin konsentrasi berbeda terhadap induksi kalus nanas Sipahuntar dan ditemukan bahwa dengan pemberian 0,5 ppm kinetin + 1 ppm 2,4-D dan 0,5 ppm kinetin + 2 ppm 2,4-D mulai membentuk kalus pada 14 HSI (Hari Setelah Induksi). Syafii *et al.* (2013) menggunakan kombinasi IBA dengan TDZ

konsentrasi berbeda terhadap multiplikasi tunas nanas Smooth Cayenne menghasilkan persentase muncul tunas terbaik mencapai 100% pada usia 2 MSI (Minggu Setelah Induksi) pada pemberian 0,3 ppm IBA dan 0,2 ppm TDZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian zat pengatur tumbuh 2,4-D dan TDZ terhadap multiplikasi tunas nanas varietas Queen secara *in vitro*.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan mulai bulan Agustus hingga November 2023 di laboratorium kultur jaringan Mitra Anggrek Indonesia, Junrejo, Batu, Malang, Jawa Timur.

Bahan utama yang digunakan adalah eksplan nanas *in vitro* varietas Queen dari Pusat Bioteknologi UMM usia 17 bulan. Menggunakan ZPT TDZ dan 2,4-D, serta komposisi media MS. Alat-alat yang digunakan meliputi *Munshell Color Chart*, *Laminar Air Flow cabinet* (LAF), autoklaf, *scalpel blade*, gunting, pinset, cawanpetri, gelas beaker, pipet ukur dan pipet tetes.

Sterilisasi dimulai dari sterilisasi ruangan kultur menggunakan formalin cair konsentrasi 5% yang disemprot ke seluruh ruangan dan didiamkan 2 hari. Sterilisasi botol dan alat diseksi menggunakan autoklaf bertekanan 1,5 atm (suhu 121°C) selama 15 menit setelah dingin disimpan dalam ruang kultur.

Media tanam yang digunakan adalah media MS yang ditambah dengan ZPT 2,4-D dan TDZ. Semua larutan yang diperlukan terlebih dahulu dibuat dalam larutan stok konsentrasi 100 ppm. Menambahkan ZPT 2,4-D dan TDZ ke dalam MS sesuai konsentrasi perlakuan. Menambahkan 30 g/l sukrosa. Menambahkan akuades hingga mencapai 1 liter. Mengukur pH media (5,6-5,8). Menambahkan 8 g/l agar bubuk ke dalam media dan memasaknya hingga mendidih. Menuang media ke dalam botol, ditutup

dengan plastik PP. Sterilisasi media ke dalam autoklaf bertekanan 1,5 atm (suhu 121°C) selama 15 menit.

Inokulasi dan transfer eksplan dilakukan dalam LAF yang telah disterilisasi menggunakan lampu UV selama satu jam. Inokulasi diawali dengan memotong daun hingga menyisakan $\pm 0,3$ cm dari pangkal daun, menghilangkan akar nanas dan membersihkan eksplan dari sisa media sebelumnya. Menanam eksplan ke dalam botol berisi media perlakuan. Botol berisi eksplan disimpan pada rak kultur untuk diinkubasi dengan suhu 20°-24°C. Transfer eksplan ke media MS 0 dilakukan pada usia 9 MST (Minggu Setelah Tanam) dari media perlakuan.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) kontras ortogonal dengan 2 faktor dan 1 kontrol. Faktor pertama adalah konsentrasi ZPT TDZ dengan 3 taraf yaitu T1 (0,1 ppm); T2 (0,3 ppm); T3 (0,5 ppm). Faktor kedua adalah konsentrasi ZPT 2,4-D dengan 2 taraf yakni D1 (1 ppm); dan D2 (2 ppm). Dari 7 perlakuan diulang sebanyak 4 kali yang mana setiap ulangan terdiri dari 4 sampel. Variabel pengamatan meliputi tinggi eksplan, jumlah daun, jumlah kalus, jumlah tunas, eksplan berkalus, eksplan bertunas, kontaminasi eksplan, eksplan mati, dan perubahan warna eksplan. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali selama 12 minggu.

Analisis data menggunakan ANOVA RAK kontras ortogonal dan apabila terdapat pengaruh nyata dilanjutkan uji lanjut menggunakan uji BNJ $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Eksplan

Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap tinggi eksplan pada semua perlakuan selama 12 MST. Perlakuan TDZ 0,1 ppm + 2,4-D 1 ppm (T1D1) cenderung

menunjukkan tinggi eksplan lebih baik (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Tinggi Eksplan Nanas Queen Selama 12 MST
Table 1. Effect of 2,4-D and TDZ on the Height of Queen Pineapple Explants During 12 WAP

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D <i>Concentration of TDZ and 2,4-D</i>	Tinggi Eksplan (cm) pada Minggu Setelah Tanam (MST) <i>Explant Height (cm) in Weeks After Planting (WAP)</i>					
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	2 WAP	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP
Kontrol	0.31	0.54	0.90	1.26	1.70	1.92
Perlakuan	0.43	0.76	0.92	1.18	1.51	1.96
Kontrol (MS 0)	0.31	0.54	0.90	1.26	1.70	1.92
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	0.44	0.92	1.07	1.38	1.87	2.43
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	0.36	0.85	0.99	1.33	1.58	1.92
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	0.39	0.78	0.89	1.11	1.45	1.82
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	0.29	0.49	0.64	0.89	1.06	1.26
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	0.55	0.80	0.88	1.05	1.48	2.00
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	0.57	0.73	1.07	1.34	1.63	2.33

Keterangan: Tidak ada perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan (interaksi). Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi log (10X)

Tinggi eksplan semua perlakuan mengalami respon pertumbuhan yang tidak begitu pesat sehingga memiliki tinggi eksplan yang hampir sama disetiap pengamatan. Hal tersebut mungkin terjadi karena konsentrasi auksin dan sitokinin pada eksplan lebih meningkat. Menurut Rosmaina (2007) peningkatan konsentrasi sitokinin dan auksin eksogen menjadikan respon tanaman terhadap tinggi eksplan cenderung menurun. Hal tersebut diduga karena tanaman memiliki auksin dan sitokinin endogen yang terbawa dari proses multiplikasi sebelumnya sehingga terjadi akumulasi auksin. Kombinasi auksin dan sitokinin juga berperan penting untuk mendorong pembelahan sel serta menentukan arah diferensiasi sel pada tanaman. Kombinasi yang seimbang akan meningkatkan metabolisme untuk pertumbuhan tinggi tanaman (Sulichantini, 2016).

Terhambatnya aktivitas pemanjangan sel juga mungkin terjadi karena umur eksplan yang digunakan yang cukup tua. Hal ini sesuai dengan pernyataan Basri (2016) umumnya eksplan berasal dari jaringan tanaman yang masih muda sehingga lebih mudah dimodifikasi dibanding dengan jaringan tua. Eksplan yang diambil dari tanaman dewasa, rejuvenilisasi tanaman induk melalui pemangkasan atau penambahan nutrisi sangat membantu memperoleh eksplan muda supaya kultur dapat lebih berhasil.

Jumlah Daun

Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap jumlah daun eksplan pada semua perlakuan selama 12 MST. Perlakuan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 1 ppm (T2D1) cenderung menghasilkan jumlah daun eksplan lebih banyak yakni mencapai 13,50 helai pada usia 12 MST (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Jumlah Daun Eksplan Nanas Queen Selama 12 MST

Table 2. Effect of 2,4-D and TDZ on the Number of Leaves of Queen Pineapple Explants During 12 WAP

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D Concentration of TDZ and 2,4-D	Jumlah Daun Eksplan (helai) pada Minggu Setelah Tanam (MST) Number of Explant Leaves (blade) in Weeks After Planting (WAP)					
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	2 WAP	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP
Kontrol	0.75	1.42	2.94	3.92	4.92	5.85
Perlakuan	0.68	1.79	2.36	3.39	5.14	7.13
Kontrol (MS 0)	0.75	1.42	2.94	3.92	4.92	5.85
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	0.58	1.94	2.75	3.44	4.88	5.81
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	1.00	1.50	2.44	4.81	8.19	13.50
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	0.38	1.88	2.13	2.88	3.50	4.63
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	0.38	1.06	1.38	1.81	2.25	3.69
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	1.13	2.38	3.00	4.50	6.50	7.00
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	0.63	2.00	2.50	2.88	5.50	8.13

Keterangan: Tidak ada perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan (interaksi). Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi \sqrt{x}

Pertambahan jumlah daun pada setiap eksplan tersebut mungkin terjadi karena pemberian TDZ dengan konsentrasi lebih tinggi dan sesuai mampu meningkatkan jumlah daun pada eksplan. Menurut Nurmaningrum *et al.* (2017) pemberian TDZ dalam konsentrasi lebih tinggi mampu meningkatkan kandungan sitokinin endogen sehingga memberikan respon ganda terhadap jumlah daun. Jika sitokinin diberikan dalam konsentrasi yang terlalu tinggi akan mengakibatkan kematian eksplan, selain itu juga akan menginduksi etilen menjadi semakin tinggi yang akan berakibat pada *necrosis* tanaman (Rosmaina, 2007).

Jumlah Kalus Eksplan

Kalus eksplan mulai muncul pada usia 3 MST. Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap jumlah kalus eksplan pada semua perlakuan selama 12 MST. Perlakuan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 1 ppm (T2D1) cenderung menghasilkan jumlah kalus eksplan lebih banyak di setiap pengamatan (Tabel 3). Menurut Zulaikha *et al.* (2022) bercak warna putih pada eksplan merupakan gejala kemunculan kalus yang ditandai adanya pembengkakan atau penebalan dan membentuk tonjolan akibat sayatan yang menjadi titik tumbuh kalus.

Tabel 3. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Jumlah Kalus Eksplan Nanas Queen Selama 12 MST

Table 3. Effect of 2,4-D and TDZ on the Number of Queen Pineapple Explant Callus During 12 WAP

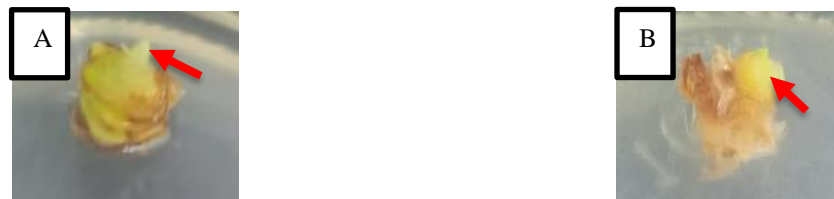
Konsentrasi TDZ dan 2,4-D Concentration of TDZ and 2,4-D	Jumlah Kalus Eksplan pada Minggu Setelah Tanam (MST) Number of Explant Callus in Weeks After Planting (WAP)					
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST	
	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP	
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Perlakuan	0.17	0.54	0.65	1.02	1.09	
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	0.50	2.00	2.00	2.25	2.42	
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	0.25	0.50	0.50	1.25	1.50	

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D <i>Concentration of TDZ and 2,4-D</i>	Jumlah Kalus Eksplan pada Minggu Setelah Tanam (MST) <i>Number of Explant Callus in Weeks After Planting (WAP)</i>				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	0.25	0.25	0.38	0.38	0.50
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	0.50	1.50	1.25
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.50	0.50	0.75	0.88

Keterangan: Tidak ada perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan (interaksi). Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi $\sqrt{(x + 0.5)}$

Pertumbuhan kalus kurang optimal diduga karena kombinasi hormon yang diberikan dalam media kurang tepat. Keseimbangan kombinasi hormon auksin dan sitokinin yang ditambahkan dalam media tumbuh eksplan sangat mempengaruhi pertumbuhan kalus pada eksplan. Jumlah kalus pada eksplan akan optimal jika terdapat interaksi yang tepat antar hormon. Menurut Simamora &

Harahap (2019) eksplan yang dikulturkan akan memberikan respon pertumbuhan bergantung pada interaksi dan keseimbangan antara zat pengatur tumbuh endogen dalam eksplan dan eksogen yang ditambahkan ke dalam media. Konsentrasi auksin dan sitokinin yang ditambahkan ke media mengakibatkan proses fisiologis eksplan secara efektif memacu awal pembentukan kalus.



Gambar 1. Kemunculan Kalus Eksplan, (a) kalus eksplan perlakuan T2D1 usia 4 MST, dan (b) kalus eksplan perlakuan T2D1 usia 6 MST.

Figure 1. Emergence of Callus Explant, (a) T2D1 treatment explant callus at 4 WAP, and (b) T2D1 treatment explant callus at 6 WAP.

Jumlah Tunas Eksplan

Tunas eksplan mulai muncul pada usia 5 MST. Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap jumlah tunas eksplan pada semua perlakuan selama 12 MST. Konsentrasi TDZ secara tunggal memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah tunas diusia 10 dan 12 MST. Konsentrasi TDZ 0,3 ppm (T2) menunjukkan pertambahan jumlah tunas cenderung lebih baik yakni mencapai 13,50 tunas pada 12 MST, berbeda nyata dengan kontrol, TDZ 0,1 ppm (T1), dan TDZ 0,5 ppm (T3) (Tabel 4). Hal ini diduga pemberian TDZ eksogen dengan konsentrasi yang sesuai dalam media tumbuh eksplan. Berbagai konsentrasi 2,4-

D (1 ppm dan 2 ppm) secara tunggal memberikan pengaruh tidak nyata terhadap jumlah tunas eksplan selama 12 MST. Hal ini diduga 2,4-D yang ditambahkan belum mampu berinteraksi dengan auksin endogen tanaman untuk memacu pembelahan sel. Sesuai dengan pernyataan Feryanti *et al.* (2018); Fuziani *et al.* (2023) bahwa penambahan ZPT dengan kebutuhan yang sesuai mampu meningkatkan morfogenesis tanaman, namun jika konsentrasi ZPT yang digunakan berlebihan, pertumbuhan morfogenesis tanaman akan terhambat sehingga berakibat pada berkurangnya jumlah tunas karena terjadinya akumulasi jaringan.

Tabel 4. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Jumlah Tunas Eksplan Nanas Queen Selama 12 MST

Table 4. Effect of 2,4-D and TDZ on the Number of Shoots of Queen Pineapple Explants During 12 WAP

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D Concentration of TDZ and 2,4-D	Jumlah Tunas Eksplan pada Minggu Setelah Tanam (MST) Number of Explant Shoots in Weeks After Planting (WAP)			
	6 MST 6 WAP	8 MST 8 WAP	10 MST 10 WAP	12 MST 12 WAP
Kontrol (MS 0) Perlakuan	0.00 0.21	0.00 0.63	0.00 0.88	0.00 1.75
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00 a	0.00 a
TDZ 0,1 ppm	0.00	0.00	0.00 b	2.00 b
TDZ 0,3 ppm	2.50	6.50	9.00 c	13.50 d
TDZ 0,5 ppm	0.00	1.00	1.50 b	5.50 c
ANOVA			*	*
BNJ 5%			0.65	0.78
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	0.00
2,4-D 1 ppm	1.67	3.67	4.67	9.67
2,4-D 2 ppm	0.00	1.33	2.33	4.33

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata pada taraf BNJ $\alpha= 5\%$. Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi $\sqrt{(x + 0.5)}$



Gambar 2. Kemunculan Tunas Eksplan, (a) tunas eksplan perlakuan T2D1 usia 6 MST, dan (b) tunas eksplan perlakuan T2D1 usia 6 MST

Figure 2. Emergence of Explant Shoots, (a) T2D1 treatment explant shoots at 6 WAP, and (b) T2D1 treatment explant shoots at 6 WAP.

Eksplan Berkalus

Kalus eksplan mulai muncul pada usia 3 MST. Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap eksplan berkalus (%) pada semua perlakuan selama 12 MST. Perlakuan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 1 ppm (T2D1) cenderung menghasilkan eksplan berkalus (%) lebih

baik disetiap pengamatan dibandingkan dengan perlakuan lain (Tabel 5). Penebalan eksplan yang membentuk kalus merupakan respon terhadap perlakuan yang diberikan. Perlakuan kontrol tidak memunculkan kalus karena tidak diberikan perlakuan zat pengatur tumbuh eksogen untuk memacu pembentukan kalus pada eksplan.

Tabel 5. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Persentase Eksplan Berkalus Nanas Queen Selama 12 MST

Table 5. Effect of 2,4-D and TDZ on percentage of Queen Pineapple Callusing Explants During 12 WAP

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D <i>Concentration of TDZ and 2,4-D</i>	Eksplan Berkalus (%) pada Minggu Setelah Tanam (MST) <i>Callusing Explants (%) in Weeks After Planting (WAP)</i>				
	4 MST 4 WAP	6 MST 6 WAP	8 MST 8 WAP	10 MST 10 WAP	12 MST 12 WAP
Kontrol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Perlakuan	5.21	8.33	9.38	11.46	14.58
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	18.75	18.75	18.75	18.75	25.00
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	6.25	12.50	12.50	12.50	12.50
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	6.25	12.50	12.50	12.50	12.50
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	6.25	12.50	18.75
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	0.00	6.25	6.25	12.50	18.75

Keterangan: Tidak ada perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan (interaksi). Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi arcsin ($X\%+0.5$)

Eksplan berkalus (%) yang kurang optimal mungkin disebabkan karena penambahan konsentrasi antara auksin (2,4-D) dan sitokinin (TDZ) yang kurang seimbang sehingga menjadikan pertumbuhan kalus pada eksplan nanas queen kurang optimal. Hal ini bergantung pada respon sel-sel setiap eksplan tersebut berbeda. Menurut Pramono (2017); Rosyidah *et al.* (2014), pertumbuhan kalus akan banyak mengalami peningkatan pada pemberian zat pengatur tumbuh dengan konsentrasi seimbang. Hal ini dikarenakan terdapat zat pengatur tumbuh endogen di dalam tanaman itu sendiri. Selain penambahan hormon auksin dan sitokinin dalam media, respon setiap sel pada eksplan juga dipengaruhi oleh sifat kompeten dari eksplan.

Eksplan Bertunas

Tunas eksplan muncul pada usia 5 MST. Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap eksplan bertunas (%) pada semua perlakuan selama 12 MST. Konsentrasi TDZ secara tunggal memberikan pengaruh nyata terhadap eksplan bertunas (%) pada usia 8 dan 10 MST. Konsentrasi TDZ 0,3 ppm (T2) menunjukkan respon eksplan bertunas cenderung lebih baik yakni mencapai 62,50% pada 8 dan 10 MST, berbeda nyata dengan kontrol, TDZ 0,1 ppm (T1), dan TDZ 0,5 ppm (T3), namun perlakuan kontrol berbeda tidak nyata dengan TDZ 0,1 ppm (T1) dengan nilai rata-rata sama yakni 0,00% (Tabel 6). Berbagai konsentrasi 2,4-D (1 ppm dan 2 ppm) secara tunggal memberikan pengaruh tidak nyata pada semua pengamatan.

Tabel 6. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Persentase Eksplan Bertunas Nanas Queen Selama 12 MST

Table 6. Effect of 2,4-D and TDZ on Percentage of Pineapple Queen Explants Shooting During 12 WAP

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D <i>Concentration of TDZ and 2,4-D</i>	Eksplan Bertunas (%) pada Minggu Setelah Tanam (MST) ke- <i>Shooting Explant (%) in Weeks After Planting (WAP)</i>			
	6 MST 6 WAP	8 MST 8 WAP	10 MST 10 WAP	12 MST 12 WAP
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	0.00

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D <i>Concentration of TDZ and 2,4-D</i>	Eksplan Bertunas (%) pada Minggu Setelah Tanam (MST) ke- <i>Shooting Explant (%) in Weeks After Planting (WAP)</i>			
	6 MST 6 WAP	8 MST 8 WAP	10 MST 10 WAP	12 MST 12 WAP
Perlakuan	2.08	7.29	7.29	10.42
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00 a	0.00 a	0.00
TDZ 0,1 ppm	0.00	0.00 a	0.00 a	25.00
TDZ 0,3 ppm	25.00	62.50 c	62.50 c	62.50
TDZ 0,5 ppm	0.00	25.00 b	25.00 b	37.50
ANOVA		**	**	
BNJ 5%		13.28	13.28	
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	0.00
2,4-D 1 ppm	16.67	25.00	25.00	41.67
2,4-D 2 ppm	0.00	33.33	33.33	41.67

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata pada taraf BNJ $\alpha = 5\%$. Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi arcsin ($X\% + 0.5$).

Eksplan bertunas (%) menunjukkan respon yang baik pada perlakuan TDZ tunggal tersebut dapat disebabkan karena TDZ dengan konsentrasi sesuai mampu menginduksi tunas secara optimal. Berdasarkan penelitian terhadap nanas Smooth Cayeene yang telah dilakukan Syafii *et al.* (2013) yang mengombinasikan 0,3 ppm IBA dan 0,2 ppm TDZ menghasilkan persentase muncul tunas terbanyak hingga mencapai 100% pada usia 2 MSI. Secara tunggal 0,2 ppm TDZ menunjukkan jumlah tunas terbaik dibandingkan TDZ konsentrasi 0,6 ppm.

Semakin tinggi konsentrasi TDZ yang digunakan akan semakin menghambat pembentukan tunas, cenderung meningkatkan jumlah nodul. Hal serupa didukung Trilaksono (2019) umumnya pemberian TDZ konsentrasi rendah, terjadi pembentukan tunas aksilar semakin meningkat, sedangkan jika TDZ dalam konsentrasi lebih tinggi akan menimbulkan kelainan morfologi seperti hiperhidrisitas.

Kontaminasi Bakteri

Kontaminasi bakteri pada eksplan terjadi mulai usia 2 MST pada perlakuan

TDZ 0,1 ppm + 2,4-D 1 ppm (T1D1) dan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 2 ppm (T2D2) yaitu mencapai 6,25%. Perlakuan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 1 ppm (T1D2) mengalami peningkatan kontaminasi bakteri secara pesat dibanding perlakuan lainnya, terjadi diusia 10 dan 12 MST yakni mencapai 25% (Tabel 7). Hal ini diduga terjadi karena proses transfer eksplan ke media MS 0 diusia 9 MST bertepatan dengan kondisi iklim yang kurang mendukung dan juga kurangnya tingkat keterampilan peneliti saat melakukan inokulasi eksplan. Menurut Basri (2016) dalam kegiatan kultur dibutuhkan keterampilan mumpuni untuk mencapai keberhasilan kultur yang tinggi.

Awal kemunculan bakteri terlihat secara visual ditandai adanya bercak berlendir berwarna putih kekuningan hingga coklat yang muncul di permukaan media tumbuh eksplan. Menurut Wati *et al.* (2020) kontaminasi oleh bakteri ditandai dengan munculnya koloni bakteri berupa gumpalan bercak berlendir berwarna putih, kuning hingga kecokelatan yang melekat pada media dan sebagian lain melekat pada eksplan yang menyerang jaringan tubuh tanaman.



Gambar 3. Kontaminasi Bakteri Pada Perlakuan T2D2 Usia 2 MST
 Figure 3. Bacterial Contamination in T2D2 Treatment at Age 2 WAP

Tabel 7. Rataan Kontaminasi Bakteri pada Eksplan Nanas Queen Selama 12 MST
 Table 7. The Average Bacterial Contamination in Queen Pineapple Explants During 12 WAP

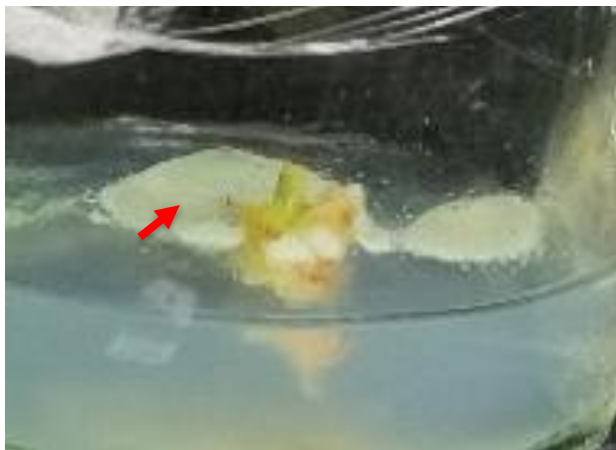
Konsentrasi TDZ dan 2,4-D Concentration of TDZ and 2,4-D	Kontaminasi Bakteri (%) pada Minggu Setelah Tanam (MST) ke- Bacterial Contamination (%) in Week After Planting (WAP)					
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	2 WAP	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	6.25
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25	6.25

Kontaminasi Jamur

Kontaminan yang mendominasi pada penelitian ini adalah jamur pada eksplan yang muncul mulai usia 1 MST. Kontaminasi oleh jamur pada eksplan cenderung meningkat pesat diusia 10 dan 12 MST pada semua perlakuan, terutama perlakuan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 2 ppm (T2D2) yang baru muncul kontaminasi jamur sebesar 25% usia 10 MST dan meningkat menjadi 31,25% pada 12 MST (Tabel 8). Hal tersebut diduga berasal dari kondisi iklim yang kurang mendukung saat melakukan transfer eksplan ke media MS 0 diusia 9 MST diiringi dengan kurangnya tingkat keterampilan peneliti, serta terdapat mikroba yang masuk bersamaan saat proses inokulasi eksplan. Menurut

Andriani & Heriansyah (2021) kontaminasi dapat disebabkan dari kondisi lingkungan sekitar serta mikroba yang masuk ke dalam botol kultur.

Awal kemunculan jamur ditandai dengan adanya koloni seperti serat halus berwarna putih kekuningan hingga keabuan di sekitar eksplan. Menurut Wati *et al.* (2020) kontaminasi oleh jamur dicirikan dengan munculnya garis-garis berupa benang berwarna putih sampai abu-abu dan kondisi eksplan akan lebih kering seiring berjalannya waktu. Kemunculan jamur tampak jelas pada media dan akan menyelimuti eksplan oleh spora berupa miselium (seperti kapas) berwarna putih dan hijau.



Gambar 4. Kontaminasi Jamur Pada Perlakuan T1D2 usia 2 MST
 Figure 4. Fungal Contamination in T1D2 Treatment at 2 WAP

Tabel 8. Rataan Kontaminasi Jamur pada Eksplan Nanas Queen Selama 12 MST
 Table 8. Average Fungal Contamination in Queen Pineapple Explants During 12 WAP

Konsentrasi TDZ dan 2,4-D Concentration of TDZ and 2,4-D	Kontaminasi Jamur (%) pada Minggu Setelah Tanam (MST) ke- Fungal Contamination (%) in Week After Planting (WAP)					
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	2 WAP	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	6.25	6.25	6.25
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	0.00	6.25	6.25	6.25	18.75	18.75
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	6.25	6.25	6.25	6.25	12.50	25.00
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	31.25
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	6.25	12.50	12.50	12.50	18.75	31.25

Eksplan Mati

Pemberian TDZ dan 2,4-D menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap eksplan mati (%) pada semua perlakuan selama 12 MST. Eksplan mati (%) cenderung banyak terjadi peningkatan diusia 8-12 MST pada semua perlakuan (Tabel 9). Eksplan yang mati pada penelitian ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya eksplan mengalami kemunduran fisiologis, kematian sel, dan *browning*. Menurut Viola *et al.* (2017) kematian eksplan dapat terjadi karena usia eksplan yang memengaruhi kemunduran fisiologis eksplan dan kematian sel akibat penggunaan alat inokulasi yang terlalu panas. Menurut Wati *et al.* (2020)

browning terjadi karena terdapat enzim polifenol oksidase yang mengakibatkan oksidase senyawa fenol menjadi quinon yang menjadikan eksplan berwarna coklat akibat luka potongan.

Eksplan mati karena terkontaminasi jamur dan bakteri sebagai akibat dari infeksi eksternal saat inokulasi eksplan. Jamur dan bakteri yang terus berkembang membentuk koloni menyerang media nutrisi dan menutupi seluruh permukaan eksplan sehingga eksplan tidak bisa berkembang lagi dan akhirnya mati. Menurut Andriani & Heriansyah (2021) kontaminasi eksternal dapat berasal dari alat dan bahan yang tidak steril, udara, dan mikroba yang masuk ke dalam botol kultur.

Tabel 9. Pengaruh 2,4-D dan TDZ terhadap Eksplan Mati Nanas Queen Selama 12 MST
 Table 9. Effect of 2,4-D and TDZ on Dead Explants of Queen Pineapple During 12 WAP

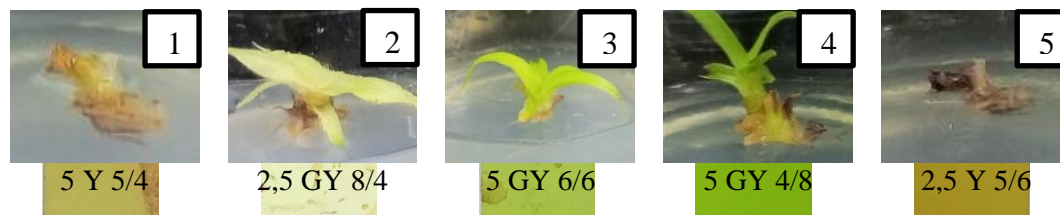
Konsentrasi TDZ dan 2,4-D Concentration of TDZ and 2,4-D	Eksplan Mati (%) pada Minggu Setelah Tanam (MST)) ke- Dead Explants (%) in Week After Planting (WAP))					
	2 MST	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	2 WAP	4 WAP	6 WAP	8 WAP	10 WAP	12 WAP
Kontrol	0.00	0.00	0.00	18.75	18.75	18.75
Perlakuan	2.08	2.08	6.25	16.67	20.83	28.13
Kontrol (MS 0)	0.00	0.00	0.00	18.75	18.75	18.75
TDZ 0,1ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	6.25	6.25	6.25	6.25
TDZ 0,3ppm+2,4D 1ppm	12.50	12.50	12.50	18.75	18.75	18.75
TDZ 0,5ppm+2,4D 1ppm	0.00	0.00	0.00	31.25	31.25	37.50
TDZ 0,1ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	12.50	12.50	25.00	37.50
TDZ 0,3ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	0.00	12.50	25.00	31.25
TDZ 0,5ppm+2,4D 2ppm	0.00	0.00	6.25	18.75	18.75	37.50

Keterangan: Tidak ada perbedaan nyata antar kombinasi perlakuan (interaksi). Data di atas merupakan data asli yang sebelum dianalisis telah dilakukan transformasi arcsin (X%+0.5).

Perubahan Warna Eksplan

Perubahan warna eksplan disebabkan keluarnya senyawa dari jaringan terluka, namun tidak berarti jaringan tersebut mati skarena masih menunjukkan pertumbuhan ukuran (Budi,

2020). Penggolongan warna eksplan dalam penelitian ini dibagi menjadi 5 yaitu (1) kuning, (2) putih, (3) hijau muda; (4) hijau tua; (5) coklat (Gambar 5). Pengamatan dilakukan secara visual berpedoman pada *Munshell Color Chart*.

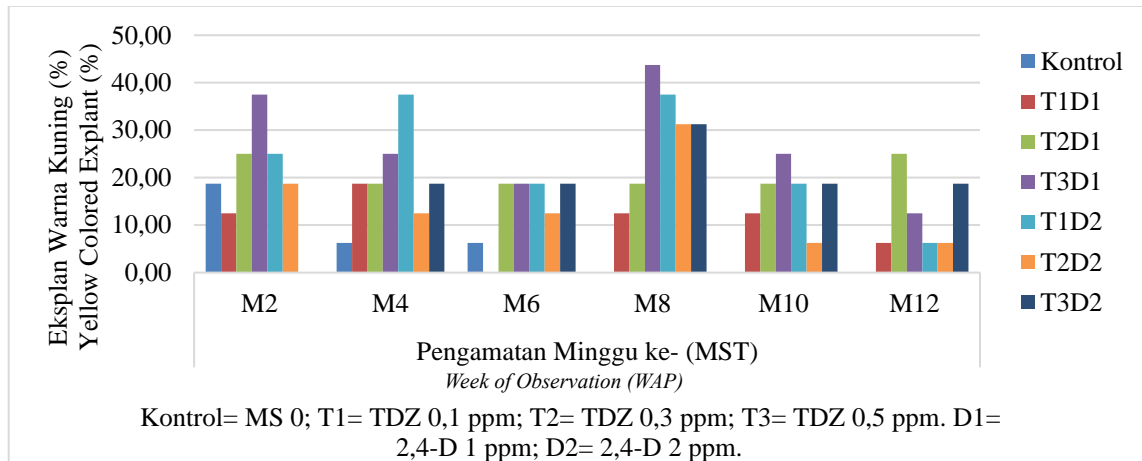


Gambar 5. Penggolongan warna eksplan: (1) kuning (5Y 5/4); (2) putih (2,5GY 8/4); (3) hijau muda (5GY 6/6); (4) hijau tua (5GY 4/8); (5) coklat (2,5Y 5/6).

Figure 5. Classification of explant color: (1) yellow (5Y 5/4); (2) white (2.5GY 8/4); (3) light green (5GY 6/6); (4) dark green (5GY 4/8); (5) brown (2.5Y 5/6).

Berdasarkan grafik eksplan berwarna kuning (%) (Gambar 6) menunjukkan semua perlakuan mengalami perubahan warna kuning pada eksplan disetiap pengamatan. Eksplan berwarna kuning cenderung menurun pada hampir semua perlakuan diusia 10-12 MST. Perlakuan kontrol menunjukkan perubahan warna kuning cenderung lebih rendah sebesar 6,25% yang dibuktikan berakhir pada 6 MST. Sedangkan perlakuan TDZ 0,3 ppm + 2,4-D 1 ppm (T2D1) mengalami perubahan warna kuning cenderung meningkat yakni mencapai 25% pada 12

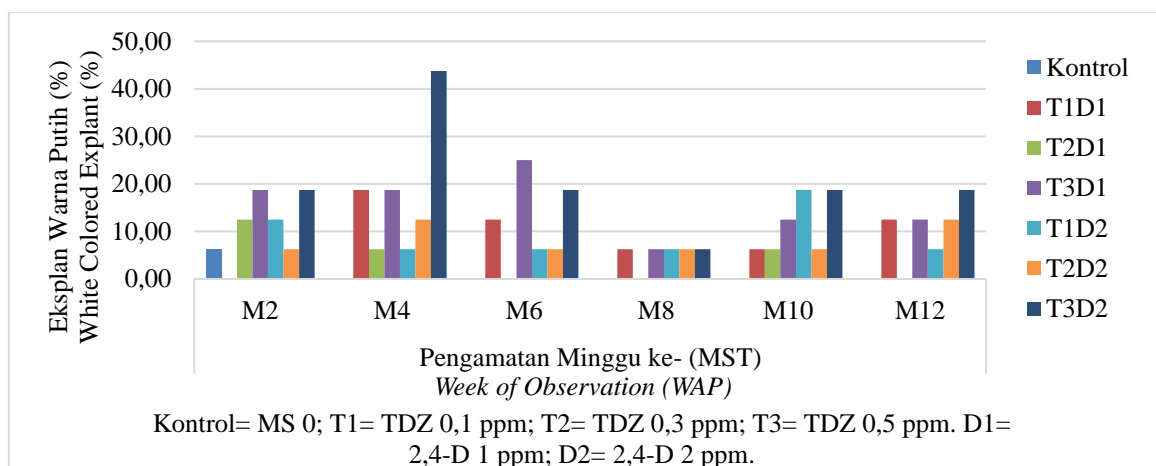
MST. Warna kuning pada eksplan menunjukkan bahwa sel dalam eksplan mengalami kerusakan. Sesuai dengan pernyataan Shofiyani & Hajoeningtjas (2010) eksplan yang mengalami perubahan warna menjadi kuning menandakan sel-sel dalam jaringan eksplan mengalami kerusakan, yang dimungkinkan karena pemberian ZPT pada media yang kurang tepat namun bukan berarti eksplan mati. Hal tersebut bisa saja bentuk penyesuaian eksplan dari stres akibat luka bekas potongan.



Gambar 6. Grafik Eksplan Nanas Queen Berwarna Kuning (%) Selama 12 MST
 Figure 6. Graph of Yellow Colored Queen Pineapple Explants (%) During 12 WAP

Berdasarkan grafik eksplan berwarna putih (%) (Gambar 7) menunjukkan semua perlakuan eksplan berwarna putih cenderung lebih rendah kecuali perlakuan TDZ 0,5 ppm + 2,4-D 2 ppm (T3D2) mengalami eksplan berwarna putih cenderung tinggi mencapai 43,75% pada 4 MST dan mengalami penurunan hingga akhir pengamatan. Sebaliknya, perlakuan kontrol mengalami perubahan warna putih hanya diusia 2 MST sebesar 6,25%. Hal ini diduga karena zat pengatur

tumbuh terutama sitokinin eksogen jika diberikan dalam konsentrasi lebih tinggi menjadikan eksplan berwarna putih pucat. Sesuai dengan pernyataan Annisa (2022) perubahan warna dipengaruhi oleh kadar ZPT dan kombinasinya yang diberikan pada media, jika kurang sesuai akan mengubah warna eksplan menjadi hijau muda hingga pucat. Beberapa perlakuan menunjukkan bercak putih pada permukaan eksplan yang merupakan gejala terbentuknya kalus.



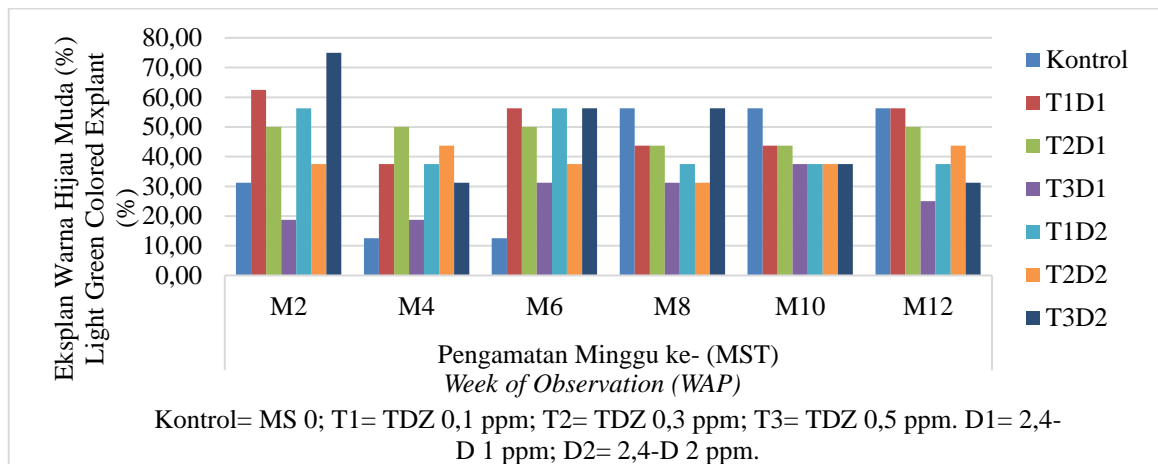
Gambar 7. Grafik Eksplan Nanas Queen Berwarna Putih (%) Selama 12 MST
 Figure 7. Graph of White Colored Queen Pineapple Explants (%) During 12 WAP

Berdasarkan grafik eksplan berwarna hijau muda (%) (Gambar 8) menunjukkan semua perlakuan mengalami perubahan warna hijau muda pada eksplan

disetiap pengamatan. Eksplan berwarna hijau muda cenderung meningkat pada usia 6-12 MST, namun perlakuan TDZ 0,5 ppm + 2,4-D 2 ppm (T3D2) cenderung menurun

hingga mencapai 31,25% pada 12 MST. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perkembangan kandungan klorofil pada eksplan. Seperti pernyataan Yuniati *et al.* (2018) eksplan yang tersuplai cahaya akan mengalami perkembangan klorofil karena

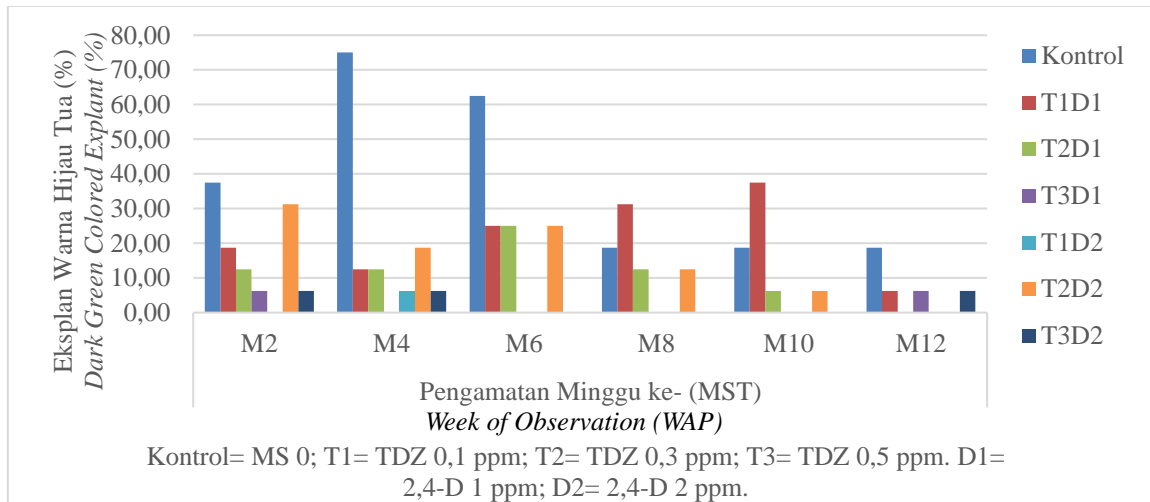
terdapat rangsangan cahaya dan mulai terjadi fotosintesis. Pernyataan ini didukung oleh Annisa (2022) semakin hijau warna daun pada eksplan maka semakin tinggi kadar klorofilnya.



Gambar 8. Grafik Eksplan Nanas Queen Berwarna Hijau Muda (%) Selama 12 MST
 Figure 8. Graph of Light Green Colored Queen Pineapple Explants (%) During 12 WAP

Berdasarkan grafik eksplan berwarna hijau tua (%) (Gambar 9) menunjukkan hanya beberapa perlakuan (kontrol, T1D1, T2D2) yang mengalami perubahan warna hijau tua disetiap pengamatan. Perlakuan kontrol menunjukkan peningkatan yang cukup pesat sebesar 75% pada 4 MST namun cenderung menurun sampai akhir pengamatan. Sedangkan perlakuan TDZ 0,1 ppm + 2,4-D 1 ppm (T1D1) menunjukkan eksplan berwarna hijau tua yang cenderung meningkat meskipun

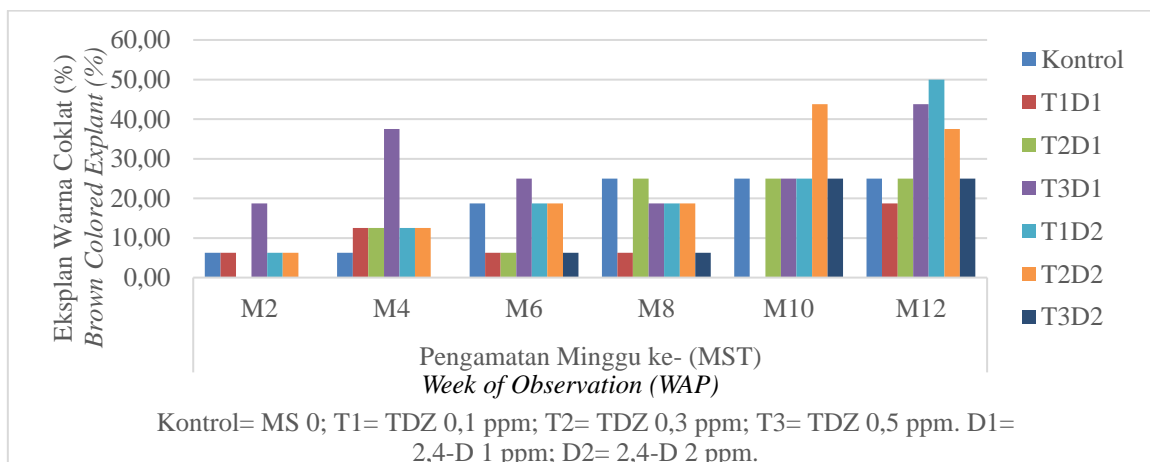
mengalami penurunan di usia 12 MST. Perubahan warna dari coklat kekuningan menjadi hijau merupakan salah satu indikator pertumbuhan eksplan. Menurut Helena *et al.* (2022) terjadinya respon perubahan warna eksplan dari gelap menjadi terang menunjukkan adanya tanggapan terhadap cahaya yang diberikan dan antioksidan pada media menyebabkan regenerasi sel pada eksplan. Hal ini menunjukkan pertumbuhan eksplan yang semakin baik.



Gambar 9. Grafik Eksplan Nanas Queen Berwarna Hijau Tua (%) Selama 12 MST
 Figure 9. Graph of Dark Green Colored Queen Pineapple Explants (%) During 12 WAP

Berdasarkan grafik eksplan berwarna coklat (%) (Gambar 10) menunjukkan semua perlakuan cenderung mengalami peningkatan eksplan berwarna coklat hingga 12 MST. Perlakuan TDZ 0,1 ppm + 2,4-D 2 ppm (T1D2) menunjukkan eksplan berwarna coklat cenderung lebih tinggi yakni 50% dan perlakuan TDZ 0,1 ppm + 2,4-D 1 ppm (T1D1) menunjukkan eksplan berwarna coklat cenderung lebih rendah yakni 18,75% pada 12 MST. Pencokelatan diduga karena eksplan terluka mengeluarkan senyawa yang merubah warna menjadi coklat. Menurut Budi (2020); Admojo & Indrianto (2016) *browning* terjadi karena keluarnya senyawa-senyawa dari jaringan eksplan

yang terluka sehingga menimbulkan stres mekanik akibat pelukaan eksplan dan memunculkan senyawa fenol. Senyawa fenol bersifat toksik yang menyebabkan ketidakseimbangan metabolisme dan kehilangan integritas membran sel yang memicu akumulasi berlebihan dari senyawa fenolik sehingga menyebabkan *browning* yang akan menghambat pertumbuhan bahkan bisa mematikan jaringan eksplan. Upaya mengatasi pencokelatan eksplan dapat dilakukan dengan mengaplikasikan senyawa antioksidan seperti asam askorbat, pencelupan dalam cairan seperti sukrosa dan arang aktif (Admojo & Indrianto, 2016).








Gambar 10. Grafik Eksplan Nanas Queen Berwarna Coklat (%) Selama 12 MST
 Figure 10. Graph of Brown Colored Queen Pineapple Explants (%) During 12 WAP

KESIMPULAN


Pemberian 2,4-D dan TDZ menunjukkan interaksi tidak nyata antara kontrol dengan perlakuan terhadap semua variabel penelitian selama 12 MST. Kombinasi 2,4-D dan TDZ menunjukkan interaksi tidak nyata terhadap semua variabel penelitian selama 12 MST. Konsentrasi TDZ berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas eksplan dan eksplan bertunas (%) nanas queen, di mana TDZ konsentrasi 0,3 ppm cenderung lebih efektif dalam menghasilkan jumlah tunas eksplan nanas queen. Berbagai konsentrasi 2,4-D memberikan pengaruh tidak nyata terhadap semua variabel penelitian eksplan nanas queen selama 12 MST.


DAFTAR PUSTAKA


- Admojo, L., & Indrianto, A. (2016).  PENCEGAHAN BROWNING FASE INISIASI KALUS PADA KULTUR MIDRIB DAUN KLON KARET (*HEVEA BRASILIENSIS* MUELL ARG) PB 330. *Jurnal Penelitian Karet*, 34(1), 25–34.
- 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.
- Annisa, N. (2022).  *Pertumbuhan Tunas Keladi Tikus (Typhonium flagelliforme (Lodd.) Blume) Menggunakan Beberapa Jenis Sitokinin Secara In Vitro* [Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta].
- Arimarsetiowati, R., & Ardiyani, F.  (2012). Pengaruh Penambahan Auxin terhadap Pertunasan dan Perakaran Kopi Arabika Perbanyak Somatik Embriogenesis. *J Pelita Perkebunan*, 28(2), 82–90.
- Badan Pusat Statistik. (2021).  *Statistik Hortikultura 2021*. BPS RI.
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian  Pemanfaatan Kultur Jaringan dalam Perbanyak Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensia*, 10(6), 64–73.
- 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.
- Dwiyani, R. (2015).  *Kultur Jaringan Tanaman*. Pelawa Sari.
- Elfiani. (2011).  *Peningkatan Efisiensi Produksi Bibit Nenas (Ananas comosus (L.) Merr .) Hasil Kultur Jaringan Melalui Aplikasi Giberelin dan Pupuk Nitrogen pada Daun* [Institut Pertanian Bogor].
- Feryanti, Mukarlina, & Linda, R. (2018).  Respon Pertumbuhan Tunas Mahkota Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) dengan Penambahan Benzyl Amino Purine (BAP) dan Naphthalene Acetic Acid (NAA). *Prtobiont*, 7(1), 69–74.
- Fuziani, Z., Utami, E. P., & Rahmadi, A.  (2023). Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Thidiazuron (TDZ) Terhadap Pembentukan Tunas Protocorm Like Body (PLB) Anggrek Dendrobium Dian Agrihorti Pada Berbagai Jenis Media Tanam Secara In Vitro. *Gunung Djati Conference Series : Prosiding Seminar Nasional Pertanian 2023*, 33, 316–327.
- 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*.


- Helena, A., Restiani, R., & Aditiyarini, D. (2022). Optimasi Antioksidan sebagai Penghambat Browning pada Tahap Inisiasi Kultur In Vitro Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*). *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 7(2), 86–93.
- Ilham, M., Sugiyono, S., & Prayoga, L. (2019). PENGARUH INTERAKSI ANTARA BAP DAN IAA TERHADAP MULTIPLIKASI TUNAS TALAS SATOIMO (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var. antiquorum) SECARA IN VITRO. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 1(2), 48.
- Lestari, E. G. (2011). Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakan Tanaman melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 7(1), 63–68.
- Mahadi, I. (2016). Pengaruh Pemberian Hormon Naftalen Acetyl Acyd (NAA) dan Kinetin pada Kultur Jaringan Nanas Bogor (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Queen. *Bio-Site*, 2(2), 27–31.
- Nurmaningrum, D., Nurchayati, Y., & Setiari, N. (2017). Mikropropagasi Tunas Alfalfa (*Medicago sativa* L.) pada Kombinasi Benzil amino purin (BAP) dan Thidiazuron (TDZ). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 2(2), 211.
- Pramono, P. A. (2017). *Induksi Kalus Jintan Hitam (Nigella sativa L.) dengan Menggunakan Kombinasi Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D dan Kinetin Melalui Kultur Jaringan* [UIN Maulana Malik Ibrahim Malang].
- Rosmaina. (2007). *Otimasi BA/TDZ Dan NAA Untuk Perbanyakan Masal Nenas (Ananas comosus L. (Merr) Kultivar Smooth Cayenne Melalui Teknik In Vitro* [Institut Pertanian Bogor].
- Rosyidah, M., Ratnasari, E., & Rahayu, Y. S. (2014). Induksi Kalus Daun Melati (*Jasminum sambac*) dengan Penambahan Berbagai Konsentrasi Dichlorophenoxyacetic Acid (2, 4-D) dan 6-Benzylamino Purin (BAP) pada Media MS Secara In Vitro. *Lentera Biologi*, 3(3), 147–153.
- Roza, V. S. (2021). *Multiplikasi Tunas Nanas (Ananas comosus (L.) Merr.) cv. Queen Menggunakan Kinetin dan NAA Secara In Vitro* [UIN Sultan Syarif Kasim Riau].
- Shofiyani, A., & Hajoeningtjas, O. D. (2010). Pengaruh Sterilan dan Waktu Perendaman Pada Eksplan Daun Kencur (*Kaemferia galanga* L.) untuk Meningkatkan Keberhasilan Kultur Kalus. *Agritech*, XII(1), 11–29.
- Simamora, E. D., & Harahap, F. (2019). Pengaruh Pemberian Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D Acid Dan BA terhadap Induksi Kalus Nanas (*Ananas comosus* L.) Secara In Vitro. *Inovasi Pembelajaran Dan Penelitian Biologi Berbasis Kearifan Lokal Dalam Meraih Peluang Revolusi Industri 4.0: Prosiding Seminar Nasional Biologi Dan Pembelajarannya*, 96–107.
- Sulichantini, E. D. (2016). Pengaruh Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Regenerasi Bawang Putih (*Allium sativum* L) Secara Kultur Jaringan. *Jurnal AGRIFOR*, 15(1), 29–36.
- Syafii, M., Badami, K., & Nursandi, F. (2013). Pengaruh Indole-3-Butiric-Acid dan Thidiazuron terhadap Multiplikasi Tunas Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) CV. Smooth Cayenne secara IN Vitro. *Jurnal Rekayasa*, 6(1), 6–14.
- Trilaksono, M. (2019). *Pengaruh Aplikasi Thidiazuron Terhadap Perbanyakan Nenas Smooth Cayenne (Ananas*

*comosus L.) PT. GGP Melalui
Microsection Tunas Mahkota
[Universitas Lampung].*

Viola, Y. R. N., Roviq, M., & Wardiyati,
 T. (2017). Pengaruh Konsentrasi BA
Terhadap Pembentukan Embrio
Somatik Pada Tanaman Kentang
(*Solanum tuberosum L.*) Secara In
Vitro. *Plantropika: Journal of
Agricultural Science*, 2(1), 10–17.

Wati, T., Astarini, I. A., Pharmawati, M.,
 & Hendriyani, E. (2020).
Perbanyak Begonia Bimaensis
Undaharta & Ardaka Dengan
Teknik Kultur Jaringan.
*Metamorfosa: Journal of Biological
Sciences*, 7(1), 112.

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.

Zulaikha, S., Sarianti, J., Amaria
 Wulandari, M., Silva, S., Nuron
Rizky, Z., Nurokhman, A., & Yachya,
A. (2022). PENGARUH 2,4-
DICHLOROPHENOXYACETIC
ACID (2,4-D) DAN BENZYL
AMINO PURINE (BAP)
TERHADAP INDUKSI TUNAS
DARI EKSPLAN Folium DAN
Petiolus *communis* TANAMAN
DUKU (*Lansium domesticum* Corr.).
*STIGMA: Jurnal Matematika Dan
Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*,
15(02), 52–59.