



IDENTITAS PENULIS

First Author – as Corresponding author

Nama * : Halida Adistya Putri
Departemen * : Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan
Institusi * : Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi
No Telp/HP ** : 08115559191
Email * : halida.adistya@cwe.ac.id
Orcid ID + : 0000-0002-8539-5624
Google Scholar ID + : <https://scholar.google.com/citations?hl=id&user=sHsV1gAAAAJ>

Second Author

Nama * : Aline Sisi Handini
Departemen * : Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan
Institusi * : Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi
No Telp/HP ** : 085649046747
Email * : alinesisihandini@gmail.com
Orcid ID + :
Google Scholar ID + :

(3) Author

Nama * : Sylvia Madusari
Departemen * : Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan
Institusi * : Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi
No Telp/HP ** : 08561001361
Email * : smadusari@cwe.ac.id
Orcid ID + :
Google Scholar ID + :

(4) Author

Nama * : Josua Parulian Sitohang
Departemen * : Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan
Institusi * : Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi
No Telp/HP ** : 08561001361
Email * : josua.parulian.sitohang@cwe.ac.id
Orcid ID + :
Google Scholar ID + :

Dengan menyerahkan manuskrip ini, menyatakan bahwa semua penulis:

1. Telah membaca dan menyetujui naskah dan bertanggung jawab penuh atas isinya
2. Telah membaca dan menyetujui kebijakan hak cipta dan lisensi artikel yang dipublikasikan di JII : Jurnal Ilmiah Inovasi
3. Tidak memiliki konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian ini atau pendanaannya.

(*) *Required*

(**) *Required, for corresponding author*

(+) *Optional*

Penghambatan Pencoklatan (*Browning*) pada Kultur *In Vitro* Kelapa Sawit menggunakan Beberapa Antioksidan

Inhibition of Browning in Oil Palm Tissue Culture using Several Antioxidants

Halida Adistya Putri^{1*}, Aline Sisi Handini¹, Sylvia Madusari¹, Josua Parulian Sitohang¹

¹ Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi

* halida.adistya@cwe.ac.id

ABSTRAK

Teknik perbanyakan secara *in vitro* atau kultur jaringan mulai diaplikasikan untuk perbanyakan kelapa sawit, yang mana terbukti dapat menghasilkan tanaman kelapa sawit dalam jumlah banyak dengan waktu yang relatif lebih singkat. Kendala utama saat fase inisiasi tanaman yaitu pencokelatan (*browning*) yang menyebabkan gangguan fisiologis tanaman sehingga terjadi kematian pada eksplan *in vitro*. Senyawa antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat pencokelatan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencegah kemunculan *browning* pada kultur *in vitro*, namun setiap komoditas yang diuji memiliki senyawa antioksidan yang beragam untuk mendapatkan antioksidan terbaik yang dapat menghambat *browning*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapat senyawa antioksidan terbaik untuk menghambat bahkan meniadakan terjadinya *browning* pada fase inisiasi kelapa sawit *in vitro*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yaitu perlakuan zat antioksidan menggunakan tiga jenis zat antioksidan yaitu arang aktif (2.5 gL^{-1}), Polyvinylpyrrolidone (PVP) (2.5 gL^{-1}), dan asam askorbat (100 mgL^{-1}). Data analisis ragam diuji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk data yang berbeda nyata pada taraf 5% dengan *software* STAR (*Statistical Tool for Agriculture Research*). Hasil penelitian menunjukkan antioksidan terbaik untuk menekan munculnya waktu *browning* dan intensitas *browning* adalah PVP sebesar 2.5 gL^{-1} pada tanaman kelapa sawit *in vitro*.

Kata kunci — antioksidan, arang aktif, kelapa sawit, polyvinylpyrrolidone, pencokelatan

ABSTRACT

Tissue culture have begun to be applied to oil palm propagation, where it is proven to be able to produce large scale of oil palm in short time. The main obstacle during the plant initiation phase was browning which caused plant physiological disturbances resulting in the death of explants *in vitro*. Antioxidant compounds can inhibit browning in explant *in vitro*. Various studies have been carried out to prevent the appearance of browning in *in vitro* cultures, but each tested commodity has various antioxidant compounds to get the best antioxidant that can inhibit browning. This research aims to obtain the best antioxidant compounds to inhibit or even eliminate browning in the initiation phase of oil palm. This study used a non-factorial Completely Randomized Design (CRD), namely treatment of antioxidants using three types of antioxidants namely activated charcoal (2.5 gL^{-1}), Polyvinylpyrrolidone (PVP) (2.5 gL^{-1}), and ascorbic acid (100 mgL^{-1}). Data analysis of variance was further tested using the *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) for data that were significantly different at the 5% level using STAR (*Statistical Tool for Agriculture Research*) software. The results showed that the best antioxidant to reduce browning time and browning intensity was PVP of 2.5 gL^{-1} in oil palm.

Keywords — activated charcoal, antioxidant, browning, oil plam, polyvinylpyrrolidone

 OPEN ACCESS

© 2023. Halida Adistya Putri, Aline Sisi Handini, Sylvia Madusari, Josua Parulian Sitohang



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia, karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebagai penghasil minyak nabati, sehingga memberikan kontribusi untuk devisa negara [1]. Pentingnya komoditas tersebut menjadi salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di berbagai daerah di Indonesia, terutama di Sumatera dan Kalimantan [2]. Perbanyak tanaman kelapa sawit secara masal dan cepat merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan konsumen di Indonesia maupun dunia. Kelapa sawit merupakan tanaman tahunan, sehingga perbanyak kelapa sawit membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan tanaman semusim. Teknik perbanyak secara *in vitro* atau kultur jaringan mulai diaplikasikan untuk perbanyak kelapa sawit, yang mana terbukti dapat menghasilkan tanaman kelapa sawit dalam jumlah banyak dengan waktu yang relatif lebih singkat [3]; [4]; [5]. Penerapan kultur jaringan sangat efisien untuk kelapa sawit, karena tanaman ini hanya memiliki satu titik tumbuh sehingga sulit untuk diperbanyak secara vegetatif, perbanyak tanaman melalui biji merupakan satu-satunya cara yang efektif sebelum adanya teknologi kultur jaringan tanaman [6]. Kendala utama saat fase inisiasi tanaman yaitu pencokelatan (*browning*) yang menyebabkan gangguan fisiologis tanaman sehingga terjadi kematian pada berbagai tanaman kultur jaringan, seperti ulin [7] karet [8], dan jati [9]

Pencokelatan disebabkan oleh senyawa fenolik yang dikativasi oleh enzim *polyphenol oxidase* (PPO) dan terjadi saat eksplan dilukasi pada fase inisiasi [10]. Pencokelatan pada saat inisiasi regenerasi *in vitro* sangat banyak ditemukan pada tanaman berkayu, yaitu kelapa sawit [11], kakao [12], dan kopi [13]. Proses pencokelatan [14] pada fase inisiasi regenerasi menyebabkan kematian pada eksplan yang ditanam. Proses pencokelatan terbagi menjadi dua jenis yaitu proses pencokelatan secara enzimatis dan non-enzimatis, yang mana ditemukan beberapa senyawa yang mempengaruhi pencokelatan pada kultur jaringan kelapa sawit yaitu asam klorogenat, asam kafeat, asam p-kumarat, dan asam ferulat [11]. Proses pencokelatan disebabkan oleh

senyawa fenol yang teroksidasi membentuk kuinon, yang mana kuinon merupakan senyawa yang menyebabkan warna coklat pada sel seperti kalus sebagai bentuk pertahanan jaringan dari stres [14].

Senyawa antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat pencokelatan. Beberapa senyawa antioksidan yang dapat menghambat pencokelatan yaitu arang aktif [15], *Polyvinylpyrrolidone* (PVP) [16], dan asam askorbat [8]. Arang aktif menghilangkan pencokelatan dengan cara menyerap phenol dan *rendered* oksidase phenol serta menghilangkan peroksidase [17]. Penambahan PVP pada media kultur jaringan kelapa dapat menghasilkan kalus dan tidak menyerap auksin, selain itu fungsinya sebagai penghambat *browning* pada eksplan [16]. Perendaman asam askorbat pada klon karet efektif menurunkan pencokelatan sebesar 30% [8]. Berdasarkan manfaat ketiga jenis zat antioksidan tersebut perlu dilakukan pengujian pada kelapa sawit *in vitro* untuk menghambat bahkan meniadakan terjadinya *browning* pada fase inisiasi, sebagai salah satu kunci keberhasilan perbanyak atau regenerasi eksplan.

2. Metodologi

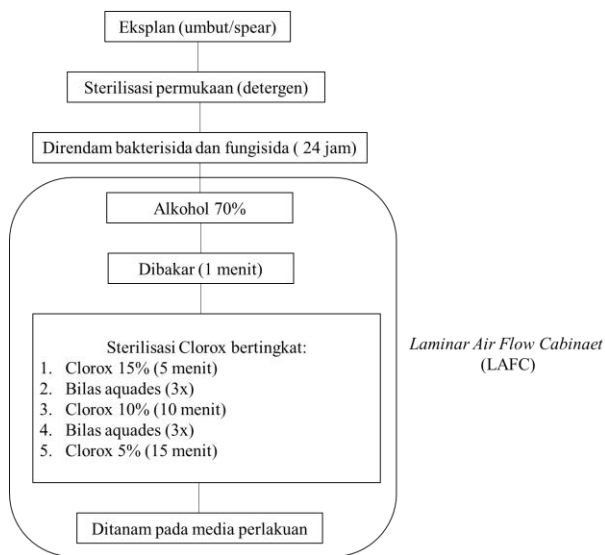
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Autoclave, Laminar Air Flow Cabinet (LAFC), scalpel, gunting medis dan alat tanam lainnya. Bahan tanam (eksplan) yang digunakan adalah eksplan kelapa sawit yang berasal umbut (daun muda) atau spear pada tanaman yang berumur lebih dari 1 tahun. Eksplan berasal dari PT. Dami Mas Sejahtera, Bengkulu, Sumatera Selatan.

2.1. Tahapan Penelitian

2.1.1 *Penyiapan eksplan*

Umbut atau spear yang telah diambil sebagai sumber eksplan dilakukan pra sterilisasi atau sterilisasi permukaan sebelum disterilisasi menggunakan bahan sterilan (alkohol 70%, Tween 20, dan Clorox) di *Laminar Air Flow*. Persiapan eksplan sebelum ditanam pada media perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1.





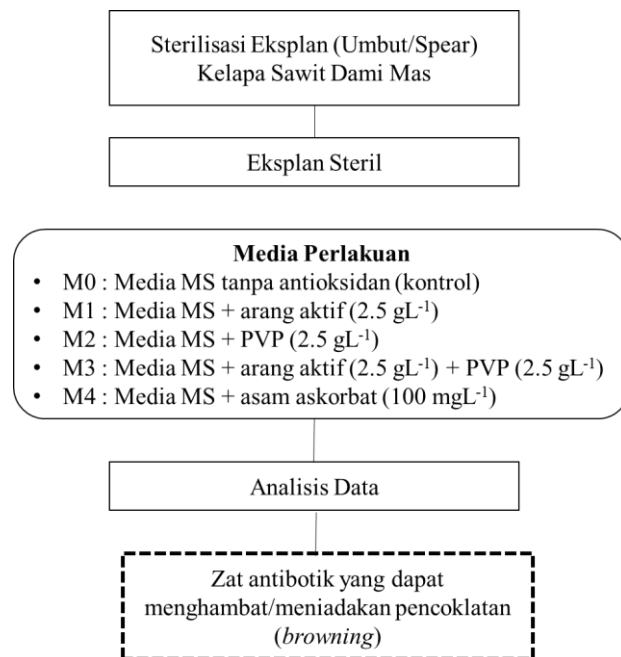
Gambar 1. Prosedur persiapan inisiasi eksplan kelapa sawit *in vitro*

2.1.2 Media Perlakuan

Media dasar yang digunakan adalah media Y3 diperkaya dengan 1 mgL^{-1} *Thidiazuran* (TDZ) dan $2.4\text{-D } 2 \text{ mgL}^{-1}$. Media ditambahkan dengan beberapa zat penghambat antioksidan, yaitu arang aktif (2.5 gL^{-1}) (Kumar *et al.*, 2019), *Polyvinylpyrrolidone* (PVP) (2.5 gL^{-1}) (Sáenz *et al.*, 2005), dan asam askorbat (100 mgL^{-1}) [8]. Zat antioksidan berupa arang aktif dan PVP disterilisasi menggunakan autoklaf, sedangkan larutan asam askorbat disterilkan dengan *milipore filter* 0.2μ . Kondisi media pada pH 5.7-5.8 sebelum diautoklaf pada suhu 121°C pada tekanan 1 atm. Prosedur atau diagram alir penelitian dilakukan mulai dari persiapan eksplan hingga output penelitian yang akan dicapai. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

2.2. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yaitu perlakuan zat antioksidan menggunakan tiga jenis zat antioksidan. Data analisis ragam diuji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk data yang berbeda nyata pada taraf 5% dengan *software STAR* (*Statistical Tool for Agriculture Research*).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.3. Parameter Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan mengacu pada hasil penelitian [8] yaitu waktu munculnya *browning*, jumlah eksplan yang mengalami *browning*, intensitas *browning*, dan waktu terjadinya 50% eksplan mengalami *browning* hingga 35 HST (Hari Setelah Tanam) atau selama 5 MST (Minggu Setelah Tanam). Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 5 MST. Intensitas *browning* diukur berdasarkan beberapa kategori dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penilaian intensitas *browning*

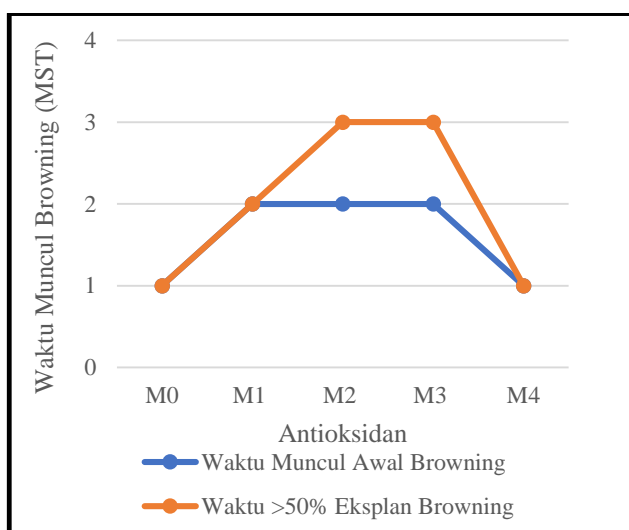
No.	Skoring	Keterangan
1	0-0.24	0 - < 1/4 bagian eksplan mengalami <i>browning</i>
2	0.25-0.49	1/4 - < 1/2 bagian eksplan mengalami <i>browning</i>
3	0.50-0.74	1/2 - < 3/4 bagian eksplan mengalami <i>browning</i>
4	0.75 - 0.99	3/4 - < 1 bagian eksplan mengalami <i>browning</i>
5	1.00	Seluruh bagian eksplan mengalami <i>browning</i>

Source: Admojo dan Indrianto, 2016

3. Hasil dan Pembahasan

3.1.1. Waktu Muncul dan Jumlah Eksplan 50% Mengalami Browning

Pencokelatan atau *browning* mulai muncul 1-2 minggu setelah tanam (MST). Waktu muncul *browning* dapat dilihat pada Gambar 3. Waktu muncul *browning* tercepat terdapat pada perlakuan kontrol (M0) dan asam askorbat (M4) yaitu 1 MST, sedangkan perlakuan lainnya M1, M2, dan M3 mulai muncul pada saat 2 MST. Hal tersebut mengindikasikan asam askorbat sebesar 100 mgL^{-1} muncul pencokelatan paling cepat dibandingkan perlakuan antioksidan lainnya pada eksplan kelapa sawit.



Gambar 3. Waktu muncul dan jumlah eksplan 50% mengalami *Browning* pada kelapa sawit *in vitro*, M0 = tanpa antioksidan (kontrol), M1= arang aktif (2.5 gL^{-1}), M2= *Polyvinylpyrrolidone* (PVP) (2.5 gL^{-1}), M3 = arang aktif (2.5 gL^{-1}) + PVP (2.5 gL^{-1}), M4= asam askorbat (100 mgL^{-1}).

Penambahan asam askorbat untuk pencegahan *browning* tergantung pada konsentrasi yang digunakan. Selain waktu muncul *browning*, perlakuan antioksidan kontrol (M0) dan antioksidan (M4) mengalami waktu munculnya lebih dari 50% eksplan yang *browning* lebih cepat dibandingkan perlakuan lainnya. Menurut hasil penelitian [18] penambahan asam askorbat 100 mgL^{-1} *browning* muncul 9 HST (Hari Setelah Tanam) pada tanaman bambu dan pada penelitian [19] asam

askorbat sebesar 300 mgL^{-1} dapat menekan waktu muncul *browning* hingga 17 HST (Hari Setelah Tanam) pada tanaman lili.

Perlakuan penambahan antioksidan dengan arang aktif (M1) atau PVP (M2) maupun keduanya (M3) dapat menekan waktu munculnya *browning* dibandingkan kontrol (Gambar 3). Perlakuan antioksidan M1, M2, dan M3 mulai muncul *browning* saat 2 MST. Hal ini juga terjadi untuk waktu munculnya lebih dari 50% eksplan yang *browning*, yang mana arang aktif (M1) atau PVP (M2) maupun keduanya (M3) muncul lebih lambat yaitu 2-3 MST, sedangkan kontrol (M0) dan asam askorbat (M4) muncul lebih cepat yaitu 1 MST. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian [9] penambahan PVP dan arang aktif sebanyak 0.2 gL^{-1} pada eksplan jati putih sudah muncul *browning* setelah satu hari perlakuan. Hal ini diduga karena konsentrasi arang aktif dan PVP yang digunakan pada penelitian tersebut lebih rendah, serta perbedaan komoditas eksplan yang digunakan.

3.2. Jumlah dan Persentase Intensitas Eksplan *Browning*

Berdasarkan Tabel 2 rata-rata jumlah eksplan *browning* pada 1 MST perlakuan kontrol (M0) dan asam askorbat (M4) mengalami *browning* paling banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga konsentrasi asam askorbat yang digunakan sebesar 100 mgL^{-1} masih belum dapat menekan jumlah eksplan yang mengalami *browning* pada tanaman kelapa sawit. Menurut [20] penambahan asam askorbat konsentrasi lebih tinggi sebanyak 550 mgL^{-1} dapat menekan jumlah eksplan yang *browning* pada tanaman kenari persia dibandingkan arang aktif dan PVP.

Perlakuan arang aktif (M1) atau PVP (M2) maupun keduanya (M3) mengalami kenaikan jumlah eksplan *browning* pada saat 2 – 5 MST (Tabel 2). Semua perlakuan tidak berpengaruh nyata saat 4 dan 5 MST. Hal tersebut menunjukkan konsentrasi ataupun jenis antioksidan yang digunakan pada penelitian ini masih belum dapat menekan jumlah eksplan yang mengalami *browning* pada eksplan kelapa sawit *in vitro*. Hal ini sejalan dengan penelitian [9] bahwa penambahan antioksidan arang aktif, PVP, dan asam askorbat masing-masing

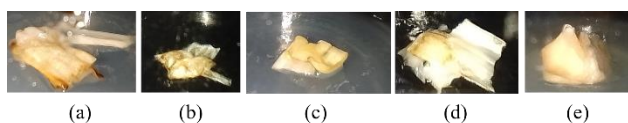
sebanyak 200 mg L⁻¹ pada tanaman jati putih belum dapat menekan jumlah eksplan yang mengalami *browning*, namun dapat memperlambat terjadinya pencokelatan media.

Tabel 2. Rata-rata jumlah eksplan *browning* kelapa sawit *in vitro* menggunakan beberapa antioksidan

Perlakuan	Jumlah Eksplan <i>Browning</i>				
	MST				
	1	2	3	4	5
M0	4.6a	5.0a	5.0a	5.0	5.0
M1	0.0c	5.0a	5.0a	5.0	5.0
M2	0.0c	1.2c	3.4b	4.0	4.0
M3	0.0c	1.4c	4.6ab	4.6	4.6
M4	2.8b	3.2b	3.4b	4.2	4.2
Uji F	**	**	*	tn	tn
KK (%)	3.03 ^T	3.53 ^T	2.94 ^T	2.02 ^T	1.88 ^T

Keterangan: M0 = tanpa antioksidan (kontrol), M1= arang aktif (2.5 gL⁻¹), M2= *Polyvinylpyrrolidone* (PVP) (2.5 gL⁻¹), M3 = arang aktif (2.5 gL⁻¹) + PVP (2.5 gL⁻¹), M4= asam askorbat (100 mgL⁻¹), ** = sangat nyata, tn = tidak nyata, MST = Minggu Setelah Tanam, KK = Koefisien Keragaman, T= log (x+10). Angka-angka yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada *Probability* (P<5%).

Eksplan yang mengalami *browning* sangat rentan terjadi karena adanya pelukaan saat penanaman, hal tersebut dapat mengaktifkan senyawa fenolik pada eksplan. Menurut [21] senyawa fenolik yang ditimbulkan akibat pelukaan membentuk senyawa kuinon yang merupakan senyawa beracun serta dapat mematikan jaringan eksplan. Selain pelukaan, getah yang terkandung dalam tanaman kelapa sawit juga menjadi penyebab rentannya eksplan mengalami *browning*.



Gambar 4. Eksplan *browning* saat 5 MST (Minggu Setelah Tanam), (a) M0 =

tanpa antioksidan (kontrol), (b) M1=arang aktif (2.5 gL⁻¹), (c) M2= *Polyvinylpyrrolidone* (PVP) (2.5 gL⁻¹), (d) M3 = arang aktif (2.5 gL⁻¹) + PVP (2.5 gL⁻¹), dan (e) M4= asam askorbat (100 mgL⁻¹).

Semua perlakuan belum dapat menekan jumlah eksplan *browning*, namun perlakuan tersebut memiliki persentase intensitas *browning* yang berbeda-beda. Perlakuan yang diberikan penambahan arang aktif (M1) dan PVP (M2) menunjukkan intensitas *browning* yang lebih rendah yaitu 19 % dibandingkan hanya menggunakan arang aktif (36.7%) maupun kontrol (46.2%) (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata persentase intensitas eksplan *browning* kelapa sawit *in vitro* menggunakan beberapa antioksidan

Perlakuan	Intensitas Eksplan <i>Browning</i>				
	MST				
	1	2	3	4	5
M0	85.0a	19.5a	27.0a	32.3a	46.2a
M1	0.0c	8.5b	16.2b	27.2a	36.7a
M2	0.0c	0.5c	3.0c	8.7b	14.2b
M3	0.0c	0.7c	6.7c	12.7b	19.0b
M4	3.0b	5.0b	6.7c	12.5b	16.3b
Uji F	**	**	**	**	**
KK(%)	0.07 ^T	0.13 ^T	0.18 ^T	0.26 ^T	0.34 ^T

Keterangan: M0 = tanpa antioksidan (kontrol), M1= arang aktif (2.5 gL⁻¹), M2= *Polyvinylpyrrolidone* (PVP) (2.5 gL⁻¹), M3 = arang aktif (2.5 gL⁻¹) + PVP (2.5 gL⁻¹), M4= asam askorbat (100 mgL⁻¹), ** = sangat nyata, tn = tidak nyata, MST = Minggu Setelah Tanam, KK = Koefisien Keragaman, T= log (x+10). Angka-angka yang disertai huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada *Probability* (P<5%).

Persentase intensitas *browning* terendah terdapat pada perlakuan hanya dengan penambahan PVP (M2) yaitu sebesar 14.2% (Gambar 3). Hal tersebut menunjukkan penambahan PVP sebanyak 2.5 gL⁻¹ pada media efektif menekan intensitas *browning* pada

eksplan kelapa sawit *in vitro*, walaupun belum dapat menekan jumlah eksplan *brwoning*. Hal ini sejalan dengan penelitian [22] penambahan PVP (200 mgL^{-1}) atau arang aktif (100 mgL^{-1}) efektif menghambat *browning* pada tanaman kiwi, namun arang aktif bersifat tidak selektif sehingga dapat menyerap nutrisi dan zat pengatur tumbuh pada media.

4. Kesimpulan

Perlakuan semua antioksidan belum dapat menekan jumlah eksplan yang mengalami *browning*. Antioksidan terbaik untuk menekan munculnya waktu *browning* dan intensitas *browning* adalah PVP sebesar 2.5 gL^{-1} pada tanaman kelapa sawit *in vitro*.

Daftar Pustaka

- [1] V. Nurmalita, P. A. Wibowo, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Ekspor Minyak Kelapa Sawit di Indonesia," *EEAJ*, vol. 8, no. 2, pp. 605–619, Jun. 2019, doi: 10.15294/eeaj.v8i2.31492.
- [2] J. Horas, V. Purba, T. Sipayung, , "Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan," *Masyarakat Indonesia*, vol. 43, no. 1, pp. 81-94, 2017, [Online]. Available: <http://jmi.ipk.lipi.go.id/index.php/jmiipk/article/download/717/521>.
- [3] T. A. Balzon, Z. G. Luis, and J. E. Scherwinski-Pereira, "New approaches to improve the efficiency of somatic embryogenesis in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) from mature zygotic embryos," *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, vol. 49, no. 1, pp. 41–50, Feb. 2013, doi: 10.1007/s11627-012-9479-3.
- [4] C. L. M. Marbun, N. Toruan-Mathius, Reflini, C. Utomo, and T. Liwang, "Micropropagation of Embryogenic Callus of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Using Temporary Immersion System," *Procedia Chem*, vol. 14, pp. 122–129, 2015, doi: 10.1016/j.proche.2015.03.018.
- [5] R. F. Almeida *et al.*, "Capacity for somatic embryogenesis of adult oil palm genitors (*Elaeis guineensis*, var. *Pisifera*) from immature leaf tissues," *South African Journal of Botany*, vol. 131, pp. 229–239, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.sajb.2020.02.026.
- [6] D. R. Pratiwi, S. Wening, N. Supena, R. D. Setiowati, Y. Yeni, "Kultur Jaringan Kelapa Sawit: Tantangan dan Peluangnya," vol. 25, no. 1, pp. 1-10, 2020, [Online]. Available: <https://warta.iopri.org/Warta/article/download/8/1>.
- [7] T. C. Tarampak, Sulistiawati, R. Nirmala, "Metode Mengatasi *Browning* pada Eksplan Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) untuk Inisiasi Regenerasi Secara *In Vitro*," *J. Agroekoteknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 106-117, 2019, [Online]. Available: <https://ejournals.unmul.ac.id/index.php/agro/article/download/1972/pdf>.
- [8] L. Admojo dan A. Indrianto, "Pencegahan Browning Fase Inisiasi Kalus Pada Kultur Midrib Daun Klon Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) PB 330," *Jurnal Penelitian Karet*, vol. 34, no.1, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.puslitkaret.co.id/index.php/jpk/article/view/220>.
- [9] G. Guntur, M. Restu, dan M. Ummusyahidah A. R., and L. "Aplikasi Berbagai Zat Antioksidan Sebagai Penghambat *Browning* Media Tanam Eksplan Jati Putih (*Gmelina arborea* Roxb) Secara *In-Vitro*," *Jurnal Eboni*, vol. 1, no. 1, pp. 1-13, 2019, [Online]. Available: <https://ejournals.umma.ac.id/index.php/eboni/article/view/328>
- [10] U. Setyawati, A. Wijayani, and E. Wahyurini, "Pertumbuhan Planlet Pisang Raja Bulu Pada Berbagai Pencahayaan di Ruang Inkubasi dan Penggunaan Macam Zat Pencegah Pencoklatan Secara *In Vitro*," *Agrivet*, vol. 25, pp. 8-15, 2019, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/360724-none-2a535ec3.pdf>
- [11] D. Destriani, "Identifikasi Senyawa Fenolat dan Asam Amino Penyebab Pencoklatan pada Kultur Jaringan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)," skripsi, Institut Pertanian Bogor, 2018.
- [12] Arianto, Z. Basri, M. U. Bustamil, "Induksi Kalus Dua Klon Kakao (*Theobroma cacao* L.) Unggul Sulawesi pada Berbagai Konsentrasi 2,4 *Dichlorophenoxy Acetic Acid* Secara *In Vitro*," *e-J. Agrotekbis*, vol. 1, no. 3, pp. 211-220, 2013, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/249211-induksi-kalus-dua-klon-kakao-theobroma-c-097ee22f.pdf>.
- [13] A. Y. Rismayanti dan H. H. Nafi'ah, "Modifikasi Media Pada Induksi Kalus Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) Berbuah Kuning," *Jurnal Agro Wiralodra*, vol. 4, no. 2, pp. 42-49, 2021, [Online]. Available: <https://agrowiralodra.unwir.ac.id/index.php/agrowiralodra/article/view/60>
- [14] F. I. Farida dan W. Muslihatin, "Induksi Perakaran Teh (*Camellia sinensis* L.) Secara *in Vitro* pada Klon yang Berbeda," *Jurnal Sains dan Seni*, vol. 6, no. 2, pp. 2337-3520, 2017, [Online]. Available: https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/download/26499/4067



- [15] T. Sumathi, S. L. Chawla, S. Patil, and T. R. Ahlawat, "Standardization of growing medium and primary nutrients for anthurium cultivation under greenhouse," *Indian Journal of Horticulture*, vol. 76, no. 2, pp. 334–337, Jun. 2019, doi: 10.5958/0974-0112.2019.00052.5.
- [16] L. Sáenz, R. Souza, J. L. Chan, A. Azpeitia, and C. Oropeza, "C-2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid Uptake And Formation Of Embryogenic Calli In Coconut Plumular Explants Cultured On Activated Charcoal-Free Media," *Rev. Fitotec. Mex.*, vol. 28, no. 2, pp. 151-159, 2005, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/26477669_14C-24-dichlorophenoxyacetic_acid_uptake_and_formation_of_embryogenic_calli_in_coconut_plumular_explants_cultured_on_activated_charcoal-free_media.
- [17] S. Hutami, "Penggunaan Arang Aktif dalam Kultur *In Vitro*," *Berita Biologi*, vol. 8, no. 1, pp. 83-89, 2006, [Online]. Available: <https://e-journal.biologi.lipi.go.id/index.php/beritabiologi/article/view/820>.
- [18] A. Helena, R. Restiani, and D. Adityarini, "Optimasi Antioksidan sebagai Penghambat Browning pada Tahap Inisiasi Kultur *In Vitro* Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)," *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, pp. 86–93, Jun. 2022, doi: 10.24002/biota.v7i2.4715.
- [19] N. K. D. Lestari, N. W. Deswiniyanti, I. A. Astarini, L. M. Arpiwi, "Pencegahan Browning Pada Eksplan *In Vitro* Untuk Perbanyak Tanaman *Lilium Longiflorum* di dalam Inovasi dan Aplikasi Sumber Daya Lokal dalam Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat," Nov. 2018, pp. 353-362."
- [20] S. N. Bhat *et al.*, "In Vitro Prevention of Browning in Persian Walnut (*Juglans regia* L.) cv. Sulaiman," *International Journal of Plant Biology*, vol. 13, no. 3, pp. 330–342, Sep. 2022, doi: 10.3390/ijpb13030027.
- [21] Karyanti, Juanda, T. Tajuddin, "Kemampuan Tumbuh Eksplan *Jatropha Curcas* L. pada Media *In Vitro* Yang Mengandung Hormon IBA dan BA," *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, vol. 1, no. 1, pp. 1-8, 2014. [Online]. Available: <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>
- [22] L. Sui, L. Kong, X. Liu, and Y. Zhang, "Anti-browning in Tissue Culture of 'Donghong' Kiwifruit," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Mar. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/740/1/012195.

