

Aplikasi Kombinasi Jenis dan Konsentrasi Antioksidan yang Berbeda sebagai Penghambat *Browning* pada Perbanyakan Pisang Cavendish secara Kultur Jaringan

Application Combination of Different Types and Concentrations of Antioxidants as Browning Inhibitors on Cavendish Banana Propagation by Tissue Culture

ELLOK DWI SULICHANTINI^{1)*}, ALVERA PRIHATINI DEWI NAZARI²⁾, ACHMAD NUANSYAH²⁾

⁽¹⁾ Laboratorium Kultur Jaringan, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Jl. Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119. *email: ellokds@gmail.com.

⁽²⁾ Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Jl. Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua Kampus Gunung Kelua Samarinda 75119

Manuscript received: 17 Februari 2022 Revision accepted: 2 Agustus 2022

ABSTRACT

Cavendish banana is one type of banana that is cultivated in Indonesia and has high economic value. Conventional propagation of banana seedlings takes a relatively long time and the number of seeds produced is small and has the potential to transmit disease. This study aimed to determine the effect of combination of different types and concentrations of antioxidants on *browning* and growth of cavendish banana explants by tissue culture. The research was carried out at the Tissue Culture Laboratory, Faculty of Agriculture, Mulawarman University. The study was arranged in Completely Randomized Design, was a single factor experiment, a combination of types and concentrations of antioxidants, consisting of seven treatments and five replications. The treatments consisted of control (without antioxidants), 2 g citric acid L⁻¹, 2 g ascorbic acid L⁻¹, 2 g citric acid L⁻¹ + 2 g ascorbic acid L⁻¹, 4 g citric acid L⁻¹, 4 g ascorbic acid L⁻¹, and 4 g citric acid L⁻¹ + 4 g ascorbic acid L⁻¹. Data were analyzed using analysis of variance. The results showed that citric acid and ascorbic acid and a combination of both can be used for browning to occur. Increasing the concentration slows the occurrence of browning. The combination of citric acid with ascorbic acid each with a concentration of 4 g L⁻¹ showed the best results. The longest browning time with low intensity was indicated by the treatment of 4 g citric acid L⁻¹ + 4 g ascorbic acid L⁻¹, which was 13.2 days after planting with medium browning intensity.

Keywords: antioxidant, *browning*, cavendish banana, explants, tissue culture

ABSTRAK

Pisang cavendish merupakan salah satu jenis pisang yang dibudidayakan di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Perbanyakan bibit pisang secara konvensional membutuhkan waktu relatif lama dan jumlah bibit yang dihasilkan sedikit serta berpotensi menularkan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi kombinasi jenis dan konsentrasi antioksidan yang berbeda terhadap *browning* dan pertumbuhan eksplan pisang cavendish secara kultur jaringan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap, merupakan percobaan faktor tunggal, kombinasi jenis dan konsentrasi zat antioksidan, terdiri atas tujuh perlakuan dan ulangan sebanyak lima kali. Perlakuan yang dicobakan terdiri atas kontrol (tanpa antioksidan), 2 g asam sitrat L⁻¹, 2 g asam askorbat L⁻¹, 2 g asam sitrat L⁻¹ + 2 g asam askorbat L⁻¹, 4 g asam sitrat L⁻¹, 4 g asam askorbat L⁻¹, dan 4 g asam sitrat L⁻¹ + 4 g asam askorbat L⁻¹. Data dianalisis menggunakan sidik ragam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam sitrat dan asam askorbat serta kombinasi keduanya dapat digunakan untuk menghambat terjadinya *browning*. Peningkatan konsentrasi memperlambat terjadinya *browning*. Kombinasi asam sitrat dengan asam askorbat masing-masing dengan konsentrasi 4 g L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik. Waktu terjadinya *browning* terlama dengan intensitas rendah ditunjukkan oleh perlakuan 4 g asam sitrat L⁻¹ + 4 g asam askorbat L⁻¹, yaitu 13,2 hari setelah tanam dengan intensitas *browning* sedang.

Kata Kunci: antioksidan, *browning*, eksplan, kultur jaringan, pisang Cavendish

PENDAHULUAN

Pisang (*Musa paradisiaca* L.) merupakan salah satu tanaman buah berbentuk herba berasal dari kawasan Asia Tenggara. Di Indonesia, pisang merupakan salah satu buah yang sangat diminati masyarakat karena harganya terjangkau, nilai gizinya sangat lengkap, mudah ditemukan, dan tersedia dalam berbagai jenis. Pisang cavendish merupakan salah satu komoditas buah tropis yang sangat populer di dunia. Pisang ini lebih dikenal dengan sebutan pisang ambon putih di Indonesia. Pisang cavendish termasuk dalam kelompok pisang ambon, yang saat ini banyak ditanam di Indonesia. Peluang ekspor yang tinggi dari pisang cavendish dapat diimbangi dengan cara meningkatkan produktivitasnya melalui pemilihan akses unggul pada saat pembibitan. Pengembangan budidaya pisang skala komersial masih menghadapi banyak kendala, diantaranya sulit mendapatkan bibit unggul dalam jumlah besar dalam waktu yang cepat. Masalah tersebut dapat diselesaikan salah satunya dengan penerapan teknik kultur jaringan.

Kultur jaringan tanaman merupakan suatu teknik untuk menumbuhkan sel, jaringan ataupun irisan organ tanaman pada media buatan yang mengandung nutrisi yang aseptik menjadi tanaman utuh. Jumlah tanaman baru yang dihasilkan bisa mencapai puluhan hingga ratusan dari satu bahan tanam (eksplan). Kultur jaringan pisang merupakan salah satu penerapan bioteknologi tanaman yang dilakukan untuk mengurangi penyebaran hama dan penyakit, terutama penyakit layu jamur dan bakteri, dengan cara memperbanyak bahan tanam dalam media yang bebas dari patogen untuk menghasilkan tanaman. Sumber eksplan yang digunakan untuk perbanyak kultur jaringan pisang antara lain adalah bonggol pisang. Salah satu kendala yang dihadapi pada perbanyak pisang dengan menggunakan bonggol adalah eksplan mengalami *browning* atau pencoklatan setelah isolasi. *Browning* mengakibatkan tidak terjadinya pertumbuhan dan perkembangan atau bahkan kematian eksplan. Penyebab terjadinya *browning* adalah akibat pengaruh akumulasi senyawa fenolik yang teroksidasi karena pelukaan pada eksplan. Senyawa fenol tersebut adalah enzim polifenol oksidase dan tirosinase. Enzim tersebut secara alami akan disintesis oleh tanaman dalam kondisi oksidatif akibat pelukaan sebagai bentuk pertahanan diri. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi *browning* pada kultur jaringan antara lain dengan penambahan senyawa antioksidan. Asam askorbat dikenal sebagai antioksidan yang sangat kuat yang mampu mengatasi radikal bebas yang dihasilkan jaringan tanaman ketika dilukai, dengan jalan menghambat proses oksidasi dengan demikian dapat mencegah terjadinya oksidasi.

Asam askorbat adalah antioksidan yang biasa digunakan untuk mengontrol oksidasi fenol. Asam askorbat juga berperan penting untuk mengurangi pencoklatan melalui kontrol oksidasi fenol pada eksplan. Perendaman eksplan dalam 100 mg L⁻¹ asam askorbat steril selama 30 menit, yang diinkubasi dalam ruang gelap efektif menurunkan intensitas *browning* hingga 7,5% dengan jumlah eksplan yang mengalami *browning* dapat ditekan hingga 30%. (Admojo dan Indrianto, 2016). Menambahkan kombinasi 100 mg L⁻¹ asam askorbat dan 50 mg L⁻¹ asam sitrat ke media Murashige dan Skoog (MS) merupakan perlakuan yang paling efektif untuk penghambatan *browning* (Çördük and Aki, 2011). Larutan yang mengandung 1% asam askorbat, 0,005% 4-hexylresorcinol, 0,5% kalsium klorida, 20% sukrosa efektif menghambat *browning* (Biegańska-Marecik & Czapski, 2007), Hypoiodous Acid juga mampu menghambat terjadinya *browning* (Al-Baarri *et al.*, 2019).

Penggunaan asam askorbat, cystein, jahe dan arang aktif dapat digunakan sebagai penghambat *browning* pada eksplan yang diberikan setelah isolasi eksplan dan sebelum dilakukan sterilisasi (Morfeine, 2013). Penghambat polyphenol oxidase yang paling efektif pada sampel irisan pisang, apel dan jamur adalah asam sitrat dan sodium metabisulfite dan kombinasi dengan asam sitrat dan cysteine. Aktivitas polyphenol oxidase terendah pada irisan pisang diperoleh setelah penambahan kombinasi sodium metabisulfite/cysteine (200/300 mg kg⁻¹) dan sodium metabisulfite/asam sitrat (100/500 mg kg⁻¹). Ekstrak bunga kembang sepatu dan biji labu menunjukkan potensi tertinggi di antara ekstrak diselidiki untuk menggantikan natrium bisulfit sebagai agen anti-pencoklatan (Wessels *et al.*, 2014).

Tidak ada perbedaan signifikan yang diamati untuk aktivitas polyphenol oxidase antara konsentrasi cysteine dan asam sitrat ketika kedua agen anti-pencoklatan digunakan sendiri atau dalam kombinasi dan dicampur dengan sampel pisang, apel dan jamur (Arpita *et al.*, 2010).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh aplikasi kombinasi jenis dan konsentrasi antioksidan yang berbeda terhadap *browning* pada pisang cavendish yang diperbanyak secara kultur jaringan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan selama lima bulan, di Laboratorium Kultur Jaringan, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri atas bonggol anakan pisang cavendish, media dasar *Murashige and Skoog* (MS), gula, agar-agar, zat pengatur tumbuh BAP, Dithane M-45, Agrept, deterjen, tween, bayclin, asam askorbat, asam sitrat, alkohol 70%, alkohol 95%, akuades steril, tissue, spiritus, karet gelang, plastik, dan *plastic wrap*.

Alat yang digunakan terdiri atas parang, linggis, cangkul, autoklaf, *Laminar Airflow Cabinet* (LAFC), timbangan analitik, kompor gas, panci, botol kultur, gelas piala, erlenmeyer, petridish, pipet, gelas ukur, pengaduk gelas, bunsen, skalpel, pinset, gunting, *hand spayer*, rak kultur, dan alat tulis.

Rancangan Percobaan

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap, merupakan percobaan faktor tunggal kombinasi jenis dan konsentrasi zat antioksidan, terdiri atas tujuh perlakuan dan ulangan sebanyak lima kali. Perlakuan yang dicobakan terdiri atas kontrol (tanpa antioksidan), 2 g asam sitrat L⁻¹, 2 g asam askorbat L⁻¹, 2 g asam sitrat L⁻¹ + 2 g asam askorbat L⁻¹, 4 g asam sitrat L⁻¹, 4 g asam askorbat L⁻¹, dan 4 g asam sitrat L⁻¹ + 4 g asam askorbat L⁻¹.

Prosedur Penelitian

Kegiatan penelitian terdiri atas: sterilisasi alat, pembuatan media, sterilisasi bahan tanam (eksplan), penanaman eksplan dan pemeliharaan.

1. Sterilisasi Alat

Alat-alat yang digunakan seperti botol kultur, cawan petri, skalpel, pinset, dan erlenmeyer dicuci bersih kemudian disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C pada tekanan 17,5 psi selama 60 menit.

2. Pembuatan Media

Media dasar yang digunakan adalah media MS ((Murashige & Skoog, 1962), gula yang ditambahkan kedalam media sebanyak 30 g, agar-agar sebanyak 8 g, selanjutnya ditambahkan zat pengatur tumbuh dan bahan organik sesuai dengan perlakuan. Derajat kemasaman diatur pH 5,8-6,0. Kemudian media disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 17,5 psi selama 30 menit.

3. Sterilisasi Eksplan di luar Laminar Air Flow Cabinet

Bonggol dibersihkan dan dipotong hingga berdiameter 3 cm dan panjang 5 cm pada air yang mengalir. Eksplan yang sudah bersih dimasukkan ke dalam breaker glass yang berisi air bersih. Selanjutnya eksplan dimasukkan dan direndam dalam larutan bakterisida berupa Agrept dengan konsentrasi 2 g L⁻¹ sambil diaduk dengan spatula selama 30 menit kemudian ditiriskan dan direndam kembali dengan larutan fungisida berupa Dithane M-45 dengan konsentrasi 3 g L⁻¹ sambil diaduk dengan spatula selama 30 menit lalu ditiriskan dan dibilas dengan akuades sebanyak 3 kali.

4. Sterilisasi Eksplan di dalam Laminar Air Flow Cabinet

Eksplan disterilisasi dengan larutan bayclin 30% selama 3 menit, dilanjutkan dengan larutan bayclin 50% kemudian dibilas dengan akuades. Selanjutnya eksplan direndam dalam larutan perlakuan selama 3 menit, setelah itu dibilas dengan akuades.

5. Penanaman Eksplan

Eksplan yang telah steril dan telah diberi perlakuan ditanam pada media tanam yang terdiri dari media dasar MS ditambah BAP 2 mg L⁻¹. Selanjutnya eksplan diletakkan di ruang inkubasi.

6. Pemeliharaan

Kultur diletakkan di ruang inkubasi dengan temperatur 25-28 °C dengan pencahayaan menggunakan lampu. Ruang disekitar kultur disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70%.

Pengamatan

Variabel yang diamati yaitu *browning* pada eksplan yang terdiri dari waktu mulai terjadi *browning* pada eksplan, pengambilan data dilakukan pada 1 hari setelah tanam (HST) sampai seluruh eksplan mengalami *browning*; persentase eksplan yang mengalami *browning* (%), pengambilan data dilakukan pada 1 dan 2 minggu setelah tanam (MST); intensitas *browning* (skoring disajikan pada Tabel 1), pengambilan data dilakukan pada 4 MST; dan pertumbuhan eksplan yang terdiri atas persentase eksplan yang membengkak (%), pengambilan data dilakukan pada 4 dan 8 MST; persentase eksplan yang merekah (%), pengambilan data dilakukan pada 8 MST.

Tabel 1. Skoring Intensitas *Browning*

No	Skoring	Keterangan
1	0,00	Tidak mengalami <i>browning</i> , dengan indikator tidak terdapat <i>browning</i> pada eksplan
2	0,10 – 1,00	Tingkat <i>browning</i> rendah, dengan indikator <i>browning</i> pada skala rendah, yaitu hanya terdapat <i>browning</i> pada beberapa bagian eksplan
3	1,10 – 2,00	Tingkat <i>browning</i> sedang, dengan indikator adanya <i>browning</i> dengan skala sedang, yaitu terdapat <i>browning</i> pada seluruh bagian eksplan
4	2,10 – 3,00	Tingkat <i>browning</i> tinggi, dengan indikator <i>browning</i> dengan skala tinggi, yaitu seluruh bagian eksplan mengalami <i>browning</i> hingga menyebar ke media tanam

HASIL DAN DISKUSI

Hasil

1. *Browning* pada Eksplan

a. Waktu Mulai Terjadinya *Browning* pada Eksplan (HST)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi jenis dan konsentrasi antioksidan berbeda tidak nyata terhadap waktu mulai terjadinya *browning*. Rata-rata waktu mulai terjadinya *browning* pada eksplan yang paling lambat pada perlakuan 4 g asam sitrat L⁻¹ + 4 g asam askorbat L⁻¹, yaitu 13,2 HST (Tabel 2).

b. Persentase Eksplan yang Mengalami *Browning* (%)

Rata-rata persentase eksplan yang paling banyak mengalami *browning* pada 1 MST ditunjukkan oleh perlakuan kontrol dan 2 g asam sitrat L⁻¹ + 2 g asam askorbat L⁻¹ yaitu 80% eksplan mengalami *browning*. Sedangkan rata-rata persentase eksplan yang paling banyak mengalami *browning* pada 2 MST ditunjukkan oleh perlakuan kontrol, 2 g asam sitrat L⁻¹, 2 g asam sitrat L⁻¹ + 2 g asam askorbat L⁻¹, 4 g asam sitrat L⁻¹, dan 4 g asam askorbat L⁻¹ yaitu 100% eksplan mengalami *browning* (Tabel 2).

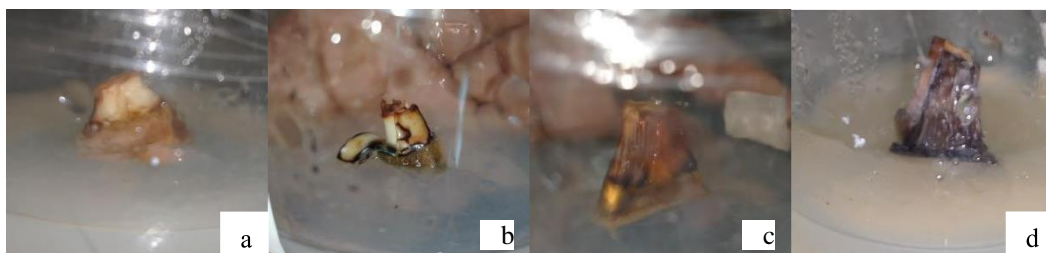
c. Intensitas *Browning* (Skoring)

Rata-rata intensitas *browning* tertinggi pada 4 MST tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan kontrol yaitu 2,60 (tingkat *browning* tinggi), sedangkan yang terendah diperoleh pada perlakuan 4 g asam sitrat L⁻¹ + 4 g asam askorbat L⁻¹ yaitu 1,60 (tingkat *browning* sedang) (Tabel 2 dan Gambar 1).

Tabel 2. Hasil Analisis Data Penelitian Aplikasi Kombinasi Jenis dan Konsentrasi Antioksidan yang Berbeda sebagai Penghambat *Browning* pada Perbanyakan Pisang Cavendish Secara Kultur Jaringan

Perlakuan	Rata-rata Waktu Mulai Terjadinya <i>Browning</i> (HST)	Rata-rata Persentase Eksplan yang Mengalami <i>Browning</i> (%)		Rata-rata Intensitas <i>Browning</i> (Skoring)
		1 MST	2 MST	4 MST
Kontrol	3,8	80	100	2,60
2 g AS L ⁻¹	8,0	60	100	2,20
2 g AS L ⁻¹	8,4	60	80	2,40
2 g AS L ⁻¹ + 2 g AA L ⁻¹	7,4	80	100	2,40
4 g AS L ⁻¹	8,2	40	100	2,20
4 g AS L ⁻¹	7,4	60	100	2,20
4 g AS L ⁻¹ + 4 g AA L ⁻¹	13,2	0	60	1,60

Keterangan: AS (Asam Sitrat); AA (Asam Askorbat)



Gambar 1. Intensitas *Browning*, (a) Tidak Mengalami *Browning*, eksplan berwarna putih; (b) Tingkat *Browning* Rendah, eksplan sudah merekah; (c) Tingkat *Browning* Sedang, eksplan membengkak; (d) Tingkat *Browning* Tinggi, eksplan tidak berkembang

Diskusi

1. Browning pada Eksplan

Hasil pengamatan *browning* pada eksplan pisang cavendish menunjukkan bahwa seluruh eksplan yang diamati mengalami *browning*. Perlakuan terbaik dalam memperlambat waktu mulai terjadinya *browning* serta menghasilkan intensitas *browning* paling rendah ditunjukkan pada perlakuan 4 g asam sitrat L⁻¹ + 4 g asam askorbat L⁻¹. Rata-rata waktu mulai terjadi *browning* pada perlakuan tersebut yaitu 13,2 HST (Tabel 2) dengan rata-rata intensitas *browning* 1,60 (tingkat *browning* sedang) (Tabel 2).

Jaringan tanaman pisang diketahui mengandung lateks dan senyawa fenolik dalam jumlah besar, oleh karena itu mikropropagasi pisang memiliki masalah serius yang disebabkan oleh pencoklatan (*browning*) yang mematikan pada jaringan eksplan maupun planlet. Menurut, Ahmad *et al.* (2013), senyawa fenolik atau metabolit sekunder dalam tanaman diproduksi sebagai respons terhadap cekaman biotik dan abiotik. Mekanisme tersebut merupakan salah satu cara pertahanan tanaman. Pemotongan eksplan selama persiapan untuk insiasi kultur merangsang eksudasi fenolik. Oksidasi phenolik yang keluar menyebabkan media menjadi gelap atau kecoklatan yang menghalangi penyerapan nutrisi yang pada akhirnya menyebabkan kematian eksplan. Eksudasi eksplan dapat diminimalkan dengan menggunakan penyerap dan antioksidan.

Senyawa antioksidan merupakan donor elektron (zat pereduksi) yang menghambat oksidasi substrat labil seperti radikal oksigen bebas. Radikal oksigen bebas ini dapat didetoksifikasi dengan senyawa antioksidan yang mengandung sitrat dan askorbat, sehingga mampu mengurangi pencoklatan jaringan. Sitrat dalam asam sitrat bekerja sebagai agen pengkelat (memiliki kemampuan untuk “mengganggu” aksi enzim peroksidase) dan mengikat ion yang bertanggung jawab dalam pengaktifan enzim oksidatif polifenol (PPO). Askorbat berperan sebagai agen pereduksi dan diubah menjadi asam dehidro-askorbat. Askorbat mampu “memakan” radikal oksigen bebas yang dihasilkan oleh jaringan eksplan yang rusak dan karena itu sel terlindungi dari stres oksidatif. Radikal oksigen bebas dapat memperburuk stres oksidatif (Onuoha *et al.*, 2011). Perlakuan sulfur dioksida efektif menonaktifkan polyphenol oksidase pada kurma (Al-Amrani *et al.*, 2020). Pemilihan media dasar yang digunakan juga berpengaruh terhadap *browning*. Penggunaan media dasar Woody Plant Medium mampu mengurangi terjadinya nekrosis dan browning pada kultur leconte pear (*Pyrus communis* L.) (Esmail *et al.*, 2014).

Semakin rendah intensitas *browning*, semakin besar peluang eksplan mengalami regenerasi. Begitu pula sebaliknya, intensitas tinggi dapat menghambat proses regenerasi eksplan. Eksplan dengan tingkat *browning* yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan kalus, diferensiasi tunas, serta perakaran tunas, bahkan mengakibatkan kematian eksplan. Hal tersebut sejalan dengan hasil pendapat Sadat *et al.*, (2018), yang menduga bahwa semua eksplan *browning* menghambat pertumbuhan eksplan sehingga menghambat inisiasi tunas. Menurut Hutami, (2008) perubahan warna menjadi coklat (pencoklatan) dalam kultur jaringan terjadi karena akumulasi polifenol oksidase yang dilepas atau disintesis jaringan dalam kondisi teroksidasi ketika sel dilukai. Jaringan yang diisolasi menjadi berwarna coklat dan atau kehitaman serta gagal tumbuh. Pencoklatan pada kultur jaringan dapat dihindari dengan beberapa cara, antara lain menghilangkan produksi senyawa fenol, modifikasi potensial redoks, penghambatan aktivasi enzim fenol oksidase, penurunan aktivitas fenolase, dan ketersediaan substrat. Penanggulangan perubahan ini dalam praktek seringkali dilakukan melalui pra perlakuan terhadap eksplan, antara lain dengan cara merendam dan pra kondisi pada media dasar.

2. Pertumbuhan Eksplan

Pertumbuhan eksplan (regenerasi) merupakan perubahan yang terjadi pada eksplan yang ditandai dengan munculnya kalus, tunas, daun, dan akar setelah masa inokulasi. Pertumbuhan eksplan dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti kandungan nutrisi media serta zat pengatur tumbuh yang diaplikasikan untuk memacu pertumbuhan pada eksplan hingga menjadi planlet yang sempurna dan siap untuk aklimatisasi.

Pertumbuhan eksplan dapat dilihat dari adanya perubahan warna, pembengkakan eksplan, hingga akhirnya pembentukan planlet. Perubahan warna yang terjadi pada eksplan diduga sebagai tanggapan terhadap rangsangan cahaya yang diberikan dan berkembangnya klorofil. Eksplan yang hidup mulai berdiferensiasi dengan cara mengelupasnya seludang satu persatu (perekahan). Seludang ini akan terbuka satu persatu hingga kelapisan yang paling dalam dan akan mulai membentuk tunas (Eriansyah *et al.*, 2018)

Warna eksplan yang membengkak berwarna hijau kemerahan, sedangkan eksplan yang tidak membengkak berwarna coklat kehitaman (Sadat *et al.*, 2018) Eksplan yang menunjukkan respons pertumbuhan secara tidak langsung pada penelitian diawali dengan terjadinya perubahan warna pada eksplan, yaitu perubahan warna pada titik tumbuh eksplan yang awalnya putih berubah menjadi hijau dan kemudian terjadinya pembengkakan pada bekas perlukaan dan merekah (Isda, 2020). Berdasarkan hasil pengamatan pertumbuhan pada eksplan pisang cavendish, terdapat eksplan yang mengalami perubahan berupa eksplan membengkak dan eksplan merekah (Gambar 1.).

KESIMPULAN

Perbanyakkan pisang secara kultur jaringan dengan menggunakan eksplan bonggol mengalami kendala terjadinya *browning*. Usaha untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan asam sitrat dan asam askorbat atau kombinasi kedua bahan tersebut. Peningkatan konsentrasi memperlambat terjadinya *browning*. Kombinasi asam sitrat dengan asam askorbat masing-masing dengan konsentrasi 4 g L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- Admojo, L., Indrianto, A. 2016. Pencegahan browning fase inisiasi kalus pada kultur midrib daun klon karet (*Hevea brasiliensis*) pb 330. *Indonesian Journal Of Natural Rubber Research* 34(1) : 25–34.
- Ahmad, I., Hussain, T., Ashraf, I., Nafees, M., Rafay, M., and Iqbal, M. 2013. Lethal effects of secondary metabolites on plant tissue culture. *Environ. Sci* 13(4) : 539–547.
- Al-Amrani, M., Al-Alawi, A., and Al-Marhobi, I. 2020. Assessment of enzymatic browning and evaluation of antibrowning methods on dates. *International Journal Of Food Science*
- Al-Baarri, A. N., Legowo, A. M., Hadipernata, M., Broto, W., Auliyana, E., Puspitoasih, A. D., Wratsongko, A. C. D., Izzati, L., Michael, Handoko, Y. D. P., Yusuf, M., Wahda, H. M., and Pangestika, W. 2019. Inhibitory action of hypoidous acid (hio) against browning on apple through the analysis of lightness appearance. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science* 309(1) : 2–7.
- Arpita, S., Subroto, D., Pinaki, B., and Bidyut, B. 2010. Inhibition of polyphenol oxidase in banana , apple and mushroom by using different anti- browning agents under different conditions. *International Journal Of Chem* 8(5) : 550–558.
- Biegańska-Marecik, R., and Czapski, J. 2007. The effect of selected compounds as inhibitors of enzymatic browning and softening of minimally processed apples. *Acta Acta Sci. Pol., Technol. Aliment* 6(3) : 37–49.
- Çördük, N., and Aki, C. 2011. Inhibition of browning problem during micropropagation of sideritis trojana bornm., an endemic medicinal herb f Turkey. *Romanian Biotechnological Letters* 16(6) : 6760–6765.
- Erianyah, M., Susiyanti, S., and Putra, Y. 2018. Pengaruh pematangan eksplan dan pemberian beberapa konsentrasi air kelapa terhadap pertumbuhan dan perkembangan eksplan pisang ketan (*Musa paradisiaca*) secara in vitro. *Agrologia* 3(1).
- Esmail, A. L. G., Haggag, L. F., Barakat, M. N., Farag, K. M., Zayed, N. S., and Amira, A. 2014. Direct effect of medium types , explant type and antioxidant treatments on micropropagation of pyrus. *Lecont* 3(3) : 618–622.
- Hutami, S. 2008. *Masalah pencoklatan pada kultur jaringan*. 4(2), 83–88.
- Isda, M. N. 2020. Induksi tunas ada beberapa tipe pematangan eksplan bonggol pisang udang (*Musa acuminata colla*) secara in vitro. *Jurnal Biologi Unand* 8(1) : 20-28.
- Morfeine, E. A. 2013. Effect of anti-browning on initiation phase of musa species grand naine in vitro. *Journal Of Forest Products & Industries* 2(2) : 45–47.
- Murashige, T., and Skoog, F. 1962. Murashige1962revised.Pdf. *Physiologia Plantarum* 15 : 474–497.
- Onuoha, I. C., Eze, C. J., and Unamba, C. I. N. 2011. In vitro prevention of browning in plantain culture. *Online Journal Of Biological Sciences* 11(1) : 13–17.
- Sadat, M. S., Siregar Mahmud, L. A., and Setiada, H. 2018. Pengaruh iaa dan bap terhadap induksi tunas mikro dari eksplan bonggol pisang kepok (*Musa paradisiaca* L). *Agroteknologi* 6(1) : 107–112.
- Wessels, B., Damm, S., Kunz, B., and Schulze-Kaysers, N. 2014. Effect of selected plant extracts on the inhibition of enzymatic browning in fresh-cut apple. *Journal Of Applied Botany And Food Quality* 87 : 16–23.