



PENGUJIAN AWAL VARIETAS TEBU UNGGUL PS 881 (*Saccharum officinarum* Linn) TERHADAP CEKAMAN GARAM DAN ALUMINIUM SECARA IN VITRO

Izdihara Arini Aulia¹, Wiwit Budi Widyasari², Evi Susanti¹

¹Program Studi Bioteknologi, Universitas Negeri Malang

²Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan

Corresponding Author : izdihararini16@gmail.com

Abstrak

Tebu adalah salah satu komoditas perkebunan sebagai bahan utama dalam pembuatan produk pemanis di berbagai industri. Kebutuhan hasil produksi tebu di Indonesia setiap tahunnya meningkat, tetapi hal ini tidak diikuti dengan peningkatan produksi tebu nasional. Salah satu solusi untuk meningkatkan produksi tebu adalah dengan memanfaatkan lahan marginal, terutama lahan salin dan lahan masam. Lahan salin memiliki konsentrasi garam yang tinggi, sedangkan lahan masam memiliki pH yang rendah yang disebabkan oleh konsentrasi aluminium (Al). Tebu yang ditanam pada lahan marginal diharapkan dapat memiliki produktivitas yang sebanding dengan tebu yang ditanam di lahan yang memadai. Hal ini dapat dicapai dengan menanam tebu varietas unggul yang toleran terhadap lahan salin dan masam. Tahapan awal untuk mendapatkan varietas tebu unggul adalah dengan melakukan uji varietas tebu dengan menambahkan NaCl (0, 0,9945, 1,9891, 3,978, dan 5,967 g/l) dan Al₂(SO₄)₃ (0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, dan 0,5 g/l) secara in vitro. Varietas yang digunakan dalam penelitian ini adalah PS 881. Respon kalus terhadap NaCl dan Al₂(SO₄)₃ dilihat dengan terjadinya diferensiasi, perubahan warna (*browning*), dan kontaminasi kalus PS 881 secara kualitatif dan kuantitatif, sehingga melalui penelitian ini didapat bahwa respon kalus PS 881 pada kedua perlakuan tidak memiliki pengaruh yang nyata terhadap 3 variabel tersebut.

Kata Kunci: Natrium klorida, aluminium, in vitro, kalus tebu, varietas tebu PS 881

PRELIMINARY TESTING OF SUPERIOR SUGARCANE VARIETY PS 881 (*Saccharum officinarum* Linn) AGAINST SALT AND ALUMINUM STRESS IN VITRO

Izdihara Arini Aulia¹, Wiwit Budi Widyasari², Evi Susanti¹

¹Program Studi Bioteknologi, Universitas Negeri Malang

²Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan

Corresponding Author : izdihararini16@gmail.com

Abstract

Sugarcane is one of the important plantation commodities because it is used as the main ingredient in the manufacture of sweetener products in various industries. The need for sugarcane production in Indonesia increases every year, but this is not followed by an increase in national sugarcane production. One solution to increase sugarcane production is to utilize marginal land, especially saline land and acid soil. Saline soils have a high salt concentration, while acid soils have a low pH caused by the concentration of aluminum (Al). Sugarcane planted on marginal land is expected to have a productivity comparable to sugarcane grown on adequate land. This can be achieved by planting high yielding sugarcane varieties that are tolerant of saline and acid soils. One of the initial steps to obtain superior sugarcane varieties is to test sugarcane varieties by adding NaCl (0, 0.9945, 1.989, 3.978, and 5.967 g/l) and Al₂(SO₄)₃ (0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5 g/l) in vitro. The variety used in this study was PS 881. Callus response to NaCl and Al₂(SO₄)₃ was seen by the occurrence of differentiation, color change (browning), and contamination of PS 881 callus qualitatively and quantitatively, so that through this study it was found that PS 881 callus response in both treatments did not have a significant effect on these 3 variables.

Keywords: Sodium chloride, aluminum, in vitro, sugarcane callus, sugarcane variety PS 881

1. PENDAHULUAN

Tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan tanaman penting bernilai ekonomi tinggi dan dipakai sebagai bahan baku utama penghasil gula [1]. Kemenperin mencatat, produksi gula dalam negeri pada tahun 2015-2020 menurun dari 2,5 juta ton menjadi 2,1 juta ton [2]. Sementara, kebutuhan gula nasional mencapai 66 juta ton yang menandakan Indonesia baru mampu memenuhi 3,29% dari total kebutuhan nasional, sehingga lebih dari 96% defisit kebutuhan gula nasional yang belum mampu dan harus dipenuhi Indonesia [3].

Meskipun belum memenuhi kebutuhan gula nasional, banyak lahan perkebunan tebu yang dialihfungsikan menjadi penggunaan lahan untuk tanaman pangan, seperti padi, jagung dan kedelai, sehingga solusi untuk meningkatkan produktivitas pertanaman tebu adalah dengan memanfaatkan lahan-lahan marginal. Terdapat beberapa tipe lahan marginal, salah satunya adalah lahan dengan tingkat salinitas dan aluminium (Al) yang tinggi (pH rendah).

Penyebab salinitas yang tinggi pada tanah dapat disebabkan oleh konsentrasi NaCl. Hal tersebut dapat mengganggu serapan ion Ca^{+2} dan K^+ serta menurunkan serapan ion NO_3^- dan P [4]. Sedangkan kandungan Al yang tinggi membuat tanah memiliki pH yang rendah sekitar 3,5 – 5, yang disebut sebagai tanah masam. Kandungan Al yang tinggi ini dapat menjadi racun bagi pertumbuhan tanaman [5][6]. Tingginya kandungan Al pada tanah salah satunya dapat disebabkan oleh aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$).

Cara paling efisien mengatasi permasalahan salinitas dan pH rendah yang terkandung dalam tanah adalah dengan menanam varietas tumbuhan yang toleran [7][8]. Tahapan awal untuk mendapatkan varietas unggul yang toleran terhadap cekaman salinitas dan pH yang rendah dapat dilakukan dengan mengetahui respons varietas tebu tertentu melalui kultur jaringan tanaman (*in vitro*). Melalui teknik kultur jaringan dapat ditambahkan komponen variasi yang tidak terdapat di alam serta mampu mengubah sifat dari suatu varietas yang ada menjadi lebih baik [8]. Salah satu varietas tebu unggul yang telah dirilis adalah PS 881. Varietas ini termasuk dalam varietas tebu yang mudah dikelentek [9], memiliki potensi rendemen yang tinggi dengan kategori kemasakan awal giling, memiliki pertumbuhan yang cepat dengan kadar sabut 13 – 14%, dan bahkan dapat dibudidayakan pada lahan dengan gangguan drainase yang buruk [10].

Penelitian ini dilakukan sebagai bahan pelaksanaan penelitian lanjutan untuk mendapatkan genotipe tebu yang toleran terhadap lahan salin dan masam yang dapat menjadi upaya untuk mengatasi permasalahan produktivitas tebu yang rendah di lahan-lahan marginal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui respons kalus tebu unggul PS 881 terhadap cekaman NaCl dan $Al_2(SO_4)_3$ secara *in vitro*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Varietas Tebu Unggul PS 881

Tanaman tebu varietas PS 881 memiliki rumpun yang kokoh dengan tinggi tanaman mencapai 200 – 238 cm dan diameter batang kurang lebih 0,4 cm. Jumlah daun pada tebu varietas PS 881 sekitar 10-11 helai dengan warna permukaan atas daun hijau tua gelap dan warna permukaan bawah daun hijau tua gelap pucat. Batang varietas PS 881 tegak, permukaannya licin, berwarna dominan hijau, dan memiliki lapisan lilin yang banyak [11].

Keunggulan tebu varietas PS 881 adalah varietas ini termasuk dalam tipe tebu kemasakan awal sampai awal tengah yang berproduktivitas sebesar 93–96 ton/ha dan memiliki produksi hablur tinggi pada tipe tebu masak awal sebesar 8,46 ton/ha [12]. Keunggulan lainnya adalah PS 881 dapat dibudidayakan pada lahan dengan gangguan drainase yang buruk atau lahan yang memiliki kelebihan air [10] dan varietas ini juga termasuk tebu yang mudah dikelentek. Kelentek adalah menghilangkan daun-daun kering yang tidak berguna. Kegiatan ini (kelentek)

bagi petani memerlukan perhatian tersendiri dengan kebutuhan biaya yang tidak sedikit. Semakin tua daun, maka celah lepasan pelepah semakin lebar, sehingga memudahkan untuk dikelentek [9].

2.2 Garam

Salinitas didefinisikan sebagai adanya garam terlarut dalam konsentrasi yang berlebihan dalam larutan tanah [13]. Salinitas ini menunjukkan kadar kelarutan atau kandungan garam pada tanah atau air, semakin tinggi konsentrasinya semakin tinggi pula salinitasnya. Garam merupakan senyawa yang terbentuk dari anion dan kation dengan jenis garam yang paling umum diketahui adalah natrium klorida (NaCl). Kemampuan garam untuk mengion menjadi kation dan ion membuat tanah dengan salinitas tinggi memiliki kemampuan EC yang lebih tinggi dibandingkan tanah biasa [14].

Jenis tanah yang memiliki salinitas tinggi disebut juga tanah salin. Salinitas dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang disebabkan karena adanya penurunan potensial osmotik larutan tanah, sehingga mengurangi ketersediaan air bagi tanaman, dan peningkatan konsentrasi ion yang bersifat racun bagi tanaman atau memicu ketidakseimbangan dalam metabolisme nutrisi perubahan struktur fisik dan kimia tanah, sehingga dapat bersifat toksik bagi tanaman [15][16].

2.3 Aluminium

Aluminium (Al) adalah unsur logam yang paling banyak dan menempati urutan ketiga dalam kelimpahan sebagai unsur kimia di kerak bumi setelah oksigen dan silikon. Salah satu tipe lahan dengan kandungan Al yang tinggi dan pH tanah yang rendah sekitar 3,5 – 5 adalah lahan masam. Kandungan Al yang tinggi membuat aluminium bersifat toksik terhadap tanaman, hal ini berkaitan erat dengan permasalahan agronomi utama berupa penghambat pertumbuhan tanaman. Toksisitas aluminium terhadap tanaman adalah dengan mencegah penyerapan nutrisi dan penyerapan air yang penting untuk metabolisme sel, yang mengakibatkan penurunan kualitas dan hasil tanaman [6][8].

2.4 Kultur Jaringan

Kultur jaringan memiliki pengertian yang luas mengenai kultur in vitro berbagai bagian tanaman pada kondisi nutrisi dan lingkungan yang aseptik dan terkontrol. Dibandingkan dengan perbanyakan tanaman secara konvensional perbanyakan tanaman secara kultur jaringan banyak mempunyai kelebihan seperti perbanyakan secara kultur jaringan menawarkan peluang besar untuk menghasilkan jumlah bibit tanaman yang banyak dalam waktu relatif singkat, tidak membutuhkan tempat yang luas, tidak tergantung oleh musim, bibit yang dihasilkan lebih sehat (bebas patogen), efisien secara biaya, dan dapat memungkinkan dilakukannya manipulasi genetik [17][18]. Tahapan teknik kultur jaringan untuk tujuan perbanyakan yaitu penanaman eksplan, induksi kalus, proliferasi kalus, induksi tunas adventif, induksi akar, *hardening in vitro*, dan aklimatisasi yang selanjutnya diperoleh tanaman yang siap ditanam di lapangan [19].

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Kultur Jaringan

Keberhasilan kultur jaringan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya sterilisasi, pemilihan bahan eksplan, faktor lingkungan seperti pH, cahaya dan temperatur [20]. Selain itu, media kultur merupakan salah satu penentu keberhasilan perbanyakan tanaman secara kultur jaringan [21]. Media dasar yang umum digunakan dalam kultur in vitro adalah yang mengandung unsur hara makro, mikro, sukrosa, vitamin, asam amino, bahan organik, dan

zat pengatur tumbuh [22][23]. Kualitas cahaya mempengaruhi arah diferensiasi jaringan. Energi radiasi dekat dengan spektrum ultraviolet dan biru merupakan kualitas cahaya yang paling efektif untuk merangsang pertumbuhan tunas, sedangkan pembentukan akar dirangsang oleh cahaya merah dan sedikit cahaya biru [11]. Intensitas cahaya yang optimum untuk tanaman pada tahap kultur inisiasi 1-1.000 lux, tahap multiplikasi 1.000 – 10.000 lux, tahap pengakaran 10.000 – 30.000 lux dan tahap aklimatisasi sebesar 30.000 lux. Kultur yang kurang cahaya biasanya menunjukkan gejala etiolasi dan vitrifikasi [24].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, Gedung G, Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI), Pasuruan, Jawa Timur selama 4 bulan yang dimulai sejak awal Februari sampai awal Juni.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, tabung kultur, erlenmeyer, gelas ukur, gelas beker, *magnetic stirrer*, batang pengaduk, kompor, *autoclave*, *Laminar Air Flow* (LAF), pinset, skalpel, kawat ose, spiritus dan korek api, talenan kapas, alkohol 70%, aluminium foil, tabung kultur, rak tabung kultur, dan lampu.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah meristem pucuk (*spindle leaf*) tebu varietas PS 881 umur 6 bulan, NH_4NO_3 , KNO_3 , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Na_2EDTA , $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , KI, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, dan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, air kelapa, aquades, agar rose, gula, NaCl, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, dan alkohol 70%.

3.3 Prosedur Penelitian

Pembuatan media MS (Murashige & Skoog) I dilakukan sebelum melakukan tanam eksplan. Media MS I. Pembuatan media MS I dilakukan selama 2 – 3 hari sampai media padat sempurna. Pucuk tebu varietas PS 881 disterilisasi dengan cara dibasahi menggunakan alkohol 70% dan dibakar di atas spiritus. Kegiatan ini dilakukan dengan 3 kali pengulangan sambil lapisan daun pada pucuk tebu dikupas dan diperoleh daun muda yang masih menggulung (*spindle leaf*). Eksplan dipotong dengan ukuran 1 cm sebanyak 10 potongan yang dimulai dari bagian tepat atas meristem pucuk. Setiap potongan eksplan ditanam pada media MS I dan eksplan diinkubasi selama 3 minggu dengan keadaan suhu 28°C dan tanpa disinari lampu (ruang gelap).

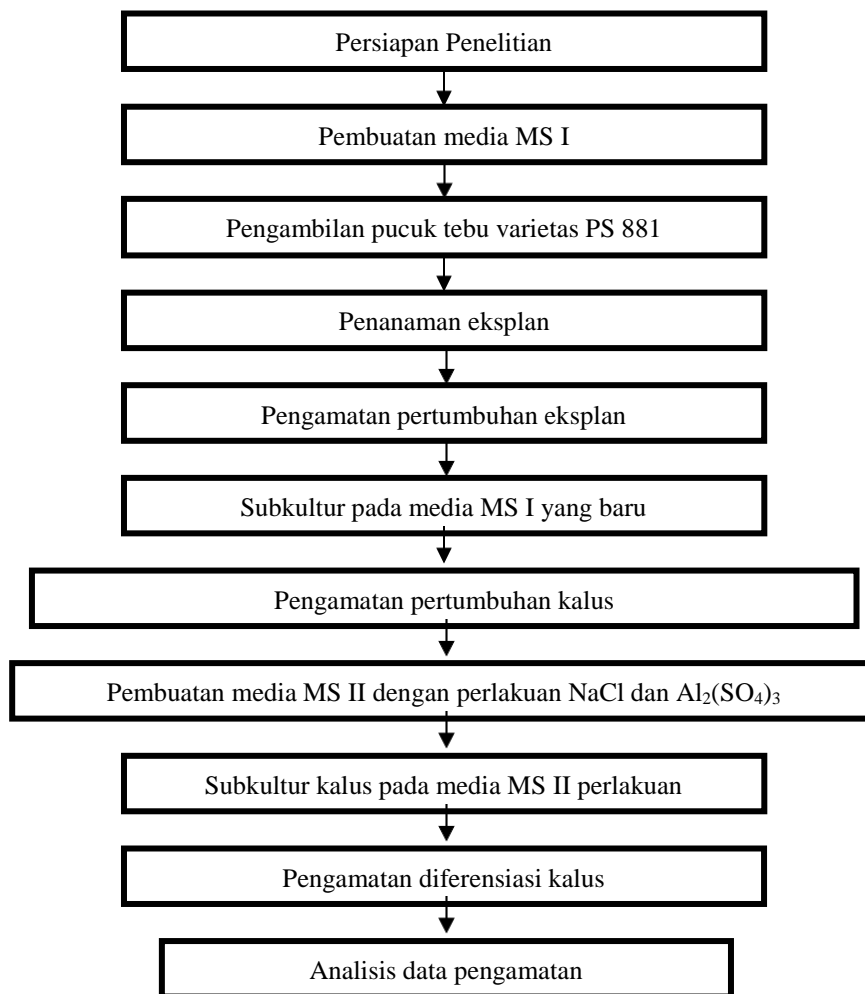
Eksplan yang telah ditanam pada media MS I disubkultur pada media MS I yang baru. Setelah 10 hari, kalus disubkultur pada media MS yang baru untuk memperbanyak jumlah kalus yang tumbuh, lalu kalus diinkubasi selama 5 minggu. Setelah 5 minggu kalus disubkultur, maka dilakukan pembuatan media MS II yang diberi perlakuan NaCl dan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan beberapa tingkatan dosis.

Kalus yang tumbuh disubkultur pada media regenerasi (MS II) dengan cekaman garam menggunakan penambahan NaCl dan pH rendah dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, dosis NaCl yang ditambahkan pada media MS II adalah: P0) Kontrol (tanpa perlakuan) P1) Media MS II yang mengandung 0,9945 g/l NaCl, P2) Media MS II yang mengandung 1,989 g/l NaCl, P3) Media MS II yang mengandung 3,978 g/l NaCl, P4) Media MS II yang mengandung 5,967 NaCl. Dosis $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang ditambahkan pada media MS II adalah: P0) Kontrol (tanpa perlakuan), P1) Media MS II yang mengandung 0,1 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P2) Media yang mengandung 0,2 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P3) Media MS II yang mengandung 0,3 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P4) Media MS II yang mengandung 0,4 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P5) Media MS II yang mengandung 0,5 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Setiap dosis perlakuan dilakukan

2 pengulangan, kecuali pada P5 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang hanya dilakukan 3 pengulangan, sehingga total terdapat 48 satuan percobaan.

Perlakuan cekaman NaCl dan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dilakukan selama 7 minggu setelah subkultur dengan keadaan suhu $20 - 22^\circ\text{C}$ dan dengan disinari lampu. Pengamatan pengaruh NaCl dan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap kalus PS 881 dilakukan dengan 3 parameter, yaitu tingkat diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi.

Data pengamatan yang terkumpul secara periodik dianalisis menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan metode analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) menggunakan *software* Minitab dengan taraf kepercayaan 95%. Kemudian dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dilakukan setiap hari dalam konteks kuantitatif dengan menghitung jumlah tabung berdasarkan parameter kalus berdiferensiasi, kalus *browning*, dan kalus kontaminasi. Selain itu pengamatan kualitatif dilakukan dengan mendokumentasikan kondisi kalus selama 7 minggu dan hasil dokumentasi yang didapat pada 0, 3, 5, dan 7 setelah kalus diinokulasikan pada media MS II.

4.1 Pengaruh NaCl terhadap Diferensiasi Kalus Tebu PS 881

Natrium klorida (NaCl) merupakan salah satu jenis garam yang paling umum diketahui dan merupakan senyawa yang terbentuk dari anion dan kation. Garam merupakan faktor penyebab tingginya salinitas pada tanah atau air, dimana salinitas didefinisikan sebagai adanya garam terlarut dalam konsentrasi yang berlebihan dalam larutan tanah [25]. Kemampuan garam untuk mengion menjadi kation dan ion membuat tanah dengan salinitas tinggi memiliki kemampuan EC yang lebih tinggi dibandingkan tanah biasa [14]. Jenis tanah yang memiliki salinitas tinggi disebut juga tanah salin. Salinitas dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (tebu) yang disebabkan karena adanya penurunan potensial osmotik larutan tanah, sehingga mengurangi ketersediaan air bagi tanaman, dan peningkatan konsentrasi ion yang bersifat racun bagi tanaman atau memicu ketidakseimbangan dalam metabolisme nutrisi perubahan struktur fisik dan kimia tanah, sehingga dapat bersifat toksik bagi tanaman [16]. Maka tahapan awal yang dilakukan untuk merilis varietas tebu tahan cekaman garam adalah dengan melakukan pengujian pengaruh NaCl dengan 5 tingkatan dosis perlakuan terhadap kalus tebu PS 881 secara in vitro.

Tabel 4.1 Diferensiasi kalus PS 881 pada media MS II yang mengandung NaCl

Parameter Pengamatan	Pengamatan Minggu Ke-	Perlakuan (jumlah tabung)				
		P0	P1	P2	P3	P4
Kalus berdiferensiasi	1	-	3	1	1	-
	2	1	3	2	1	-
	3	1	3	1	1	-
	4	1	3	1	1	-
	5	1	3	1	1	-
	6	-	3	1	-	-
	7	-	2	1	-	-
Kalus <i>browning</i>	1	5	2	2	2	4
	2	5	3	4	5	5
	3	5	5	4	5	5
	4	5	5	4	5	5
	5	5	5	4	5	5
	6	5	5	4	5	5
	7	5	5	4	5	5
Kalus kontaminasi	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	-	1	-	-
	4	-	-	1	-	-
	5	-	-	1	-	-
	6	1	-	1	-	-
	7	1	1	1	-	-

Keterangan: P0: 0 g/l NaCl, P1: 0,9945 g/l NaCl, P2: 1,989 g/l NaCl, P3: 3,978 g/l NaCl, P4: 5,967 g/l NaCl

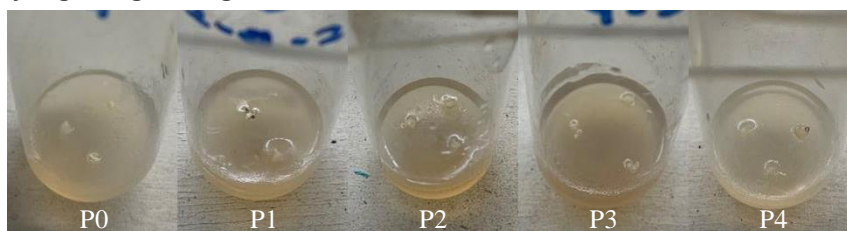
Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi terbanyak terdapat pada P1 atau kalus yang diinokulasi pada media MS II yang mengandung 0,9945 g/l NaCl dengan jumlah 3 tabung dan jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi paling sedikit ada pada P4 atau kalus yang diinokulasi pada media MS II yang mengandung 5,967 g/l

NaCl dengan tidak adanya kalus yang berdiferensiasi. Pada perlakuan P2, setelah 2 minggu kalus diinokulasi memiliki total 2 tabung kalus berdiferensiasi namun pada setelah 3 minggu salah satu tabung tersebut mengalami kontaminasi, sehingga hanya tersisa 1 tabung. Kondisi kalus pada P3 dan P0 yaitu, memiliki 1 tabung dimana kalus berdiferensiasi, tetapi pada P3 kalus berdiferensiasi mulai sejak 1 minggu setelah inokulasi kalus, sedangkan P0 setelah 2 minggu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah kalus berdiferensiasi apabila diurutkan dari yang paling banyak ke yang paling sedikit maka urutannya adalah pada perlakuan P1, P2, P3, P0, dan P4. Hal ini dapat disebabkan oleh salinitas yang menjadi faktor pembatas abiotik utama dalam menghambat atau menurunkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Salinitas yang tinggi dapat menyebabkan ketidakseimbangan ion/hara, tekanan osmotik, dan oksidatif dalam jaringan tanaman, menghambat sintesis pigmen fotosintesis dan proses fotosintesis, serta meningkatkan konsentrasi ion dalam jaringan tanaman ke suatu tingkatan yang dapat merusak metabolisme [26].

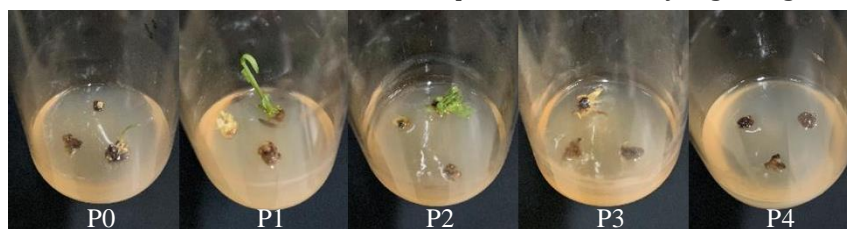
Jumlah kalus yang *browning* pada kelima perlakuan hampir semuanya memiliki jumlah tabung yang sama, dimana semua kalus mengalami *browning* seiring lamanya masa inkubasi dan pada 3 minggu setelah inokulasi ke media MS II semua kalus yang diinokulasi mengalami *browning*. Perbedaan setiap perlakuan ada pada 1 minggu setelah inokulasi kalus, dimana P0 memiliki 5 tabung yang kalusnya *browning*, P1, P2, dan P3 memiliki 2 tabung, dan P4 memiliki 4 tabung.

Pada parameter pengamatan terakhir, kalus kontaminasi, dari kelima perlakuan terdapat ada 3 perlakuan yang mengalami kontaminasi, yaitu P2 memiliki 1 tabung kontaminasi pada kalus yang berdiferensiasi setelah 3 minggu inokulasi, kemudian setelah 6 minggu pada P0 dan 7 minggu pada P1 terdapat 1 tabung mengalami kontaminasi dengan kalus yang berdiferensiasi (Tabel 1).

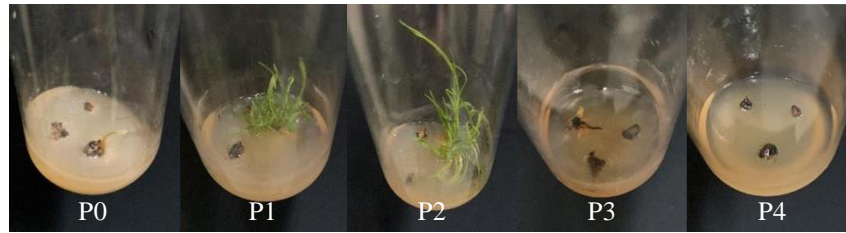
Berdasarkan parameter pengamatan tersebut, terdapat 3 hal yang dapat diamati terhadap kondisi kalus, yaitu kalus berdiferensiasi, kalus *browning*, dan kalus kontaminasi. Pengamatan terhadap kondisi kalus dilakukan setiap hari dan berikut ini dicantumkan pengamatan kalus sesaat (hari ke-0), 3 minggu, 5 minggu, dan 7 minggu setelah diinokulasi ke media MS II yang mengandung NaCl.



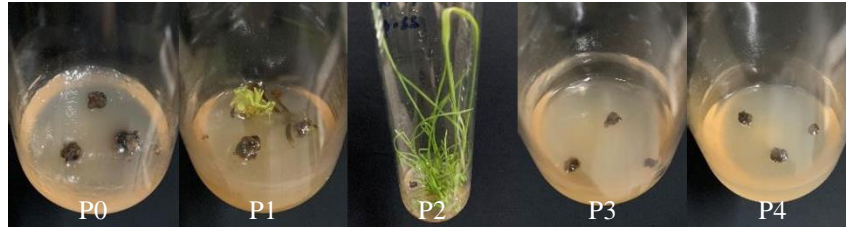
Gambar 4.1 Kalus 0 hari setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung NaCl



Gambar 4.2 Kalus 3 minggu setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung NaCl



Gambar 4.3 Kalus 5 minggu setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung NaCl



Gambar 4.4 Kalus 7 minggu setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung NaCl (P0: 0 g/l NaCl, P1: 0,9945 g/l NaCl, P2: 1,989 g/l NaCl, P3: 3,978 g/l NaCl, dan P4: 5,967 g/l NaCl).

Sesaat setelah kalus diinokulasi pada media MS II, setiap tabung kultur berisikan 2 – 5 kalus dan setiap kalus berwarna putih. Kondisi setiap media MS padat dan berwarna putih keruh (Gambar 4.1). Setelah 3 minggu inokulasi kalus pada media MS II yang mengandung NaCl, terdapat beberapa kalus berdiferensiasi yang dapat dilihat dengan tumbuhnya akar, tunas, hingga daun. Ketika kalus pada perlakuan P0, P1, P2, dan P3 berdiferensiasi yang dilihat dari tumbuhnya daun. Daun terpanjang dan terbanyak ada pada perlakuan P1, lalu daun pada perlakuan P2 tumbuh lebih pendek dibanding P1, dan daun pada P0 lebih pendek dibanding P2. Pada perlakuan P3 kondisi daun tumbuh ke dalam media dan daun berwarna hijau pucat, sedangkan pada P4 tidak terjadi diferensiasi pada kalus karena tidak tumbuhnya akar, tunas, maupun daun.

P0 memiliki jumlah kalus berdiferensiasi yang lebih sedikit dibanding kalus yang ditanam pada media dengan perlakuan P1, P2, dan P3. Hal ini disebabkan karena sebagian besar kalus pada P0 mengalami *lethal browning*. *Lethal browning* membuat tingkat kematian kalus tinggi dan membuat kalus tidak berdiferensiasi, hal ini dapat disebabkan oleh senyawa fenolik [27].

Hal ini selaras dengan pernyataan bahwa pada umumnya, tanaman yang tumbuh pada medium tanam dengan tingkat salinitas yang lebih tinggi akan menyebabkan hasil pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih rendah, karena salinitas dapat menyebabkan pertumbuhan vegetatif tanaman menjadi terhambat. Setiap tanaman memiliki tingkat toleransi yang berbeda terhadap tingkat salinitas. Tanaman dapat mentoleransi kadar garam dengan tetap menghasilkan pertumbuhan yang optimum dan mampu bertahan sampai batas toleransi tertentu hingga tingkat beracun bagi tanaman tersebut [28][29].

Selain itu juga terdapat pengaruh kadar garam terhadap klorofil. Hasil ini sama dengan penelitian yang diperoleh oleh Purwaningrahyu [30] yang menunjukkan kadar salinitas sangat mempengaruhi kadar klorofil yang terakumulasi pada suatu tanaman. Penurunan kadar klorofil dapat terjadi akibat peningkatan degradasi klorofil dan hambatan sintesis pigmen. Selain itu, salinitas yang tinggi juga dapat menurunkan ketersediaan nitrogen yang juga menjadi salah satu penyebab menurunnya kandungan klorofil pada suatu tanaman yang tumbuh dalam kondisi tersebut.

Setelah 3 minggu, hampir semua kalus pada media MS II yang mengandung NaCl mengalami *browning* yang ditandai dengan mencoklatnya warna kalus (Gambar 4.2). *Browning* umumnya disebabkan oleh senyawa fenolik yang biasanya muncul dan terakumulasi ketika

eksplan dilukai [31]. Menurut George dan Sherrington [19], pada beberapa tanaman tropika, termasuk tebu, terdapat senyawa fenol yang teroksidasi ketika sel dilukai. Senyawa fenolik ini secara aktif bertanggung jawab untuk reaksi pencoklatan tertentu dan *astringency* buah serta bertanggung jawab terhadap tingkat kematian yang tinggi (*lethal browning*) pada kultur jaringan [27].

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan 5 minggu setelah kalus diinokulasi, terdapat beberapa kalus yang terus berdiferensiasi dan beberapa lainnya tetap tidak berdiferensiasi. Pada perlakuan P1, P2, dan P0 secara berurutan memiliki daun dari yang terbanyak hingga tersedikit, ketiga perlakuan tersebut terus mengalami diferensiasi dengan terjadinya penambahan jumlah daun, sedangkan panjang daun dari yang terpanjang hingga terpendek adalah pada P2, P1, dan P0. Pada P3 dan P4 tidak terjadi perubahan dengan kondisi kalus setelah 3 minggu diinkubasi, dimana pada P3 tumbuh tunas namun masuk ke dalam media dan P4 tidak ada kalus berdiferensiasi dan kalus berwarna coklat gelap.

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan 7 minggu setelah inokulasi, salah satu kalus yang berdiferensiasi pada P0 dan P1 mengalami kontaminasi, sehingga pada P0 tidak ada kalus yang berdiferensiasi dan 4 tabung lainnya mengalami *lethal browning*, sedangkan pada P1 masih terdapat 2 tabung dengan kalus berdiferensiasi dan lainnya mengalami *browning*. Pada P2 kalus yang berdiferensiasi terus mengalami perpanjangan daun, pada P3 kalus yang berdiferensiasi mengalami *lethal browning*, dan pada P4 semua kalus tidak berdiferensiasi.

Hasil analisis uji BNT terhadap diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi kalus tebu PS 881 tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan (tidak berbeda nyata) antara kelompok kontrol (P0) dan perlakuan (P1 – P4). Pada semua perlakuan dimulai dari P1 sampai P4 jumlah tabung dengan kalus *browning* dan kontaminasi tidak berbeda nyata terhadap P0. Pada P1 dengan P2, P3, dan P4 jumlah tabung dengan kalus *browning* dan kontaminasi tidak berbeda nyata. P2 dengan P3 dan P4 jumlah tabung dengan kalus *browning* dan kontaminasi tidak berbeda nyata. P3 dengan P4 jumlah tabung dengan kalus *browning* dan kontaminasi tidak berbeda nyata. Sedangkan P4 dengan P0 sampai dengan P3 jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi berbeda nyata.

Hasil tidak berbeda nyata dari uji BNT didapat berdasarkan tidak adanya perbedaan antara nilai pada perlakuan P0 (0 g/l NaCl) dengan perlakuan P1 sampai P4 yang memiliki dosis NaCl bertingkat, sehingga hampir semua nilai berada pada rentang yang sama (Tabel 4.2). Perolehan hasil tidak berbeda nyata ini disebabkan oleh tidak berdiferensiasinya sebagian besar kalus yang ditanam pada keadaan kontrol (P0) karena mengalami *lethal browning* yang tercatat sejak minggu pertama setelah kalus diinokulasikan ke media MS II, sedangkan kalus pada kelompok perlakuan, seperti P1, P2, dan P3, mengalami diferensiasi yang signifikan dan lebih baik dibanding dengan kalus yang ditumbuhkan pada P0.

Tabel 4.2 Pengaruh NaCl terhadap diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi PS 881

Pengaruh NaCl terhadap diferensiasi kalus PS 881		Pengaruh NaCl terhadap <i>browning</i> kalus PS 881		Pengaruh NaCl terhadap kontaminasi PS 881	
Perlakuan	Rata-rata	Perlakuan	Rata-rata	Perlakuan	Rata-rata
P0	2,1324 b	P0	2,17156 a	P0	1,17156 a
P1	2,5324 b	P1	2,17156 a	P1	1,17156 a
P2	2,1324 b	P2	1,97156 a	P2	1,57156 a
P3	2,1324 b	P3	2,17156 a	P3	1,17156 a
P4	1,9324 a	P4	2,17156 a	P4	1,17156 a

4.2 Pengaruh $Al_2(SO_4)_3$ terhadap Diferensiasi Kalus Tebu PS 881

Salah satu tipe lahan dengan kandungan Al yang tinggi dan pH tanah yang rendah sekitar 3,5 - 5 adalah lahan masam. Kandungan Al yang tinggi dalam tanah dapat disebabkan oleh konsentrasi $Al_2(SO_4)_3$, hal ini membuat aluminium bersifat toksik terhadap tanaman tebu. Toksisitas aluminium terhadap tanaman adalah dengan mencegah penyerapan nutrisi dan penyerapan air yang penting untuk metabolisme sel, yang mengakibatkan penurunan kualitas dan hasil tanaman [6]. Maka tahapan awal yang dilakukan untuk merilis varietas tebu tahan cekaman aluminium adalah dengan melakukan pengujian terkait pengaruh $Al_2(SO_4)_3$ dengan 6 tingkat dosis perlakuan terhadap kalus tebu varietas PS 881 secara in vitro. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan maka didapat data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kalus pada media MS II yang mengandung $Al_2(SO_4)_3$

Parameter Pengamatan	Pengamatan Minggu Ke-	Perlakuan (jumlah tabung)					
		P0	P1	P2	P3	P4	P5
Kalus Berdiferensiasi	1	-	-	-	-	-	-
	2	1	1	1	-	-	-
	3	1	2	2	1	-	-
	4	1	2	2	1	-	-
	5	1	2	1	1	-	-
	6	-	2	1	1	-	-
	7	-	2	1	1	-	-
Kalus Browning	1	5	3	2	1	2	2
	2	5	5	5	5	4	3
	3	5	5	5	5	4	3
	4	5	5	5	5	5	3
	5	5	5	5	5	5	3
	6	5	5	5	5	5	3
	7	5	5	5	5	5	3
Kalus Kontaminasi	1	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	1	-	-
	3	-	-	-	1	-	-
	4	-	-	-	1	-	-
	5	-	1	1	1	-	-
	6	1	1	1	1	-	-
	7	1	1	1	1	-	-

Keterangan: P0: 0 g/l $Al_2(SO_4)_3$ (tanpa perlakuan), P1: 0,1 g/l $Al_2(SO_4)_3$, P2: 0,2 g/l $Al_2(SO_4)_3$, P3: 0,3 g/l $Al_2(SO_4)_3$, P4: 0,4 g/l $Al_2(SO_4)_3$, P5: 0,5 g/l $Al_2(SO_4)_3$

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi terbanyak terdapat pada perlakuan P1 dan P2 yaitu kalus yang diinokulasi pada media MS II yang mengandung 0,1 g/l dan 0,2 g/l $Al_2(SO_4)_3$, sedangkan kalus yang tidak berdiferensiasi ada pada P4 dan P5 yaitu kalus yang diinokulasi pada media MS II yang mengandung 0,4 dan 0,5 g/l $Al_2(SO_4)_3$. Kondisi kalus pada P3 dan P0 yaitu, terdapat 1 tabung dimana kalus berdiferensiasi, tetapi pada P0 kalus berdiferensiasi mulai dari 2 minggu setelah inokulasi kalus, sedangkan P3 setelah 3 minggu inokulasi kalus pada media MS II. Maka apabila jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi yang paling banyak secara berurut-turut adalah P1, P2, P0, P3, P4 dan P5.

Berdasarkan keterangan dari Tabel 4.3 maka didapat bahwa tingkat konsentrasi aluminium pada media MS II menurunkan diferensiasi kalus, kecuali pada P0. Menurut Rengel [32], 99% Al yang terakumulasi dalam sel terdapat pada dinding dan membran sel dan berikatan dengan senyawa-senyawa seperti fosfolipid yang terdapat di membran sel, sehingga mengganggu permeabilitas membran dan mengganggu penyerapan hara yang diatur oleh

Live and Applied Science, Volume 1

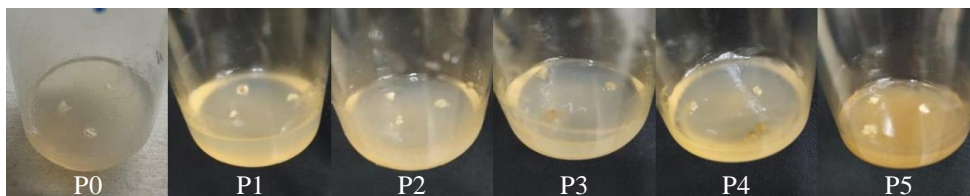
pompa proton. Rusaknya perakaran mengakibatkan terhambatnya absorpsi hara dan air [33], hal inilah yang membuat pertumbuhan tanaman terhambat.

Jumlah tabung dengan kalus yang *browning* pada keenam perlakuan hampir semuanya memiliki tingkatan yang sama, dimana semua kalus mengalami *browning* seiring lamanya masa inkubasi dan setelah 4 minggu semua kalus yang diinokulasi pada media MS II mengalami *browning*. Namun setelah 1 minggu kalus diinokulasi, P0 sudah ada 5 tabung kalus yang *browning*, P1 ada 3 tabung, P3 ada 1 tabung, sedangkan P2, P4, dan P5 ada 2 tabung.

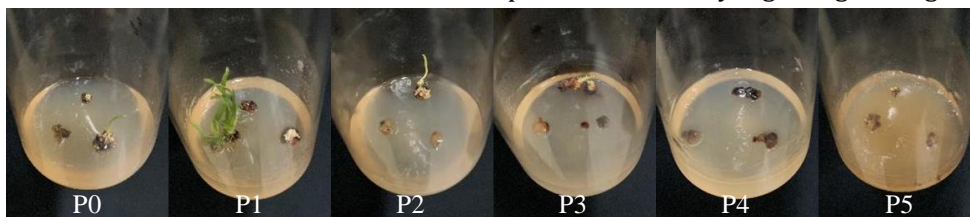
Menurut Lerch [34], warna coklat atau kehitaman pada eksplan terjadi akibat aktivitas enzim oksidase yang mengandung senyawa tembaga, seperti polifenol oksidase dan tirosinase. Kalus yang terserang *browning* memiliki persentase tumbuh yang kecil, sehingga perlu dilakukan upaya pencegahan *browning*. Pencegahan *browning* pada kultur jaringan tebu dapat dilakukan dengan cara menambahkan bahan *ascorbic acid* atau vitamin C yang diaplikasikan melalui perendaman eksplan atau ditambahkan ke media tumbuh. Menurut Tarampak [35], penggunaan asam askorbat dapat mencegah aktivitas oksidatif, sehingga dapat mendorong pertumbuhan kalus menjadi optimal. Menurut Resigia dan Herman (2018) pemberian asam askorbat pada eksplan gambir dengan dosis 0,02% dan dilakukan dengan cara perendaman eksplan selama 5 menit dapat mencegah *browning* hingga empat minggu [36].

Pada parameter pengamatan terakhir, kalus kontaminasi, dari keenam perlakuan hampir semua perlakuan terdapat tabung yang kontaminasi, yaitu P0 terdapat 1 tabung yang kontaminasi setelah 6 minggu kalus diinokulasi, pada P1 dan P2 terdapat 1 tabung mengalami kontaminasi setelah 5 minggu inokulasi kalus, dan pada P3 memiliki 1 tabung kontaminasi pada 2 minggu setelah inokulasi kalus pada media MS II. Perbedaan antara P0 dan P2 dengan perlakuan lainnya adalah pada perlakuan tersebut tabung yang terkontaminasi merupakan tabung yang berisikan kalus berdiferensiasi, sedangkan perlakuan lainnya tidak (Tabel 4.3).

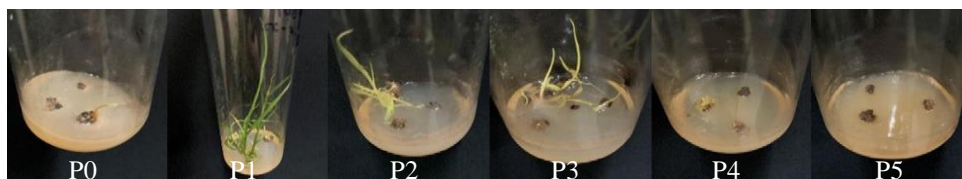
Berdasarkan parameter pengamatan, terdapat 3 hal yang dapat diamati terhadap kondisi kalus, yaitu kalus berdiferensiasi, kalus *browning*, dan kalus kontaminasi. Pengamatan terhadap kondisi kalus dilakukan setiap hari dan berikut ini dicantumkan pengamatan kalus sesaat (hari ke-0), 3 minggu dan 5 minggu setelah inokulasi ke media MS II yang mengandung $Al_2(SO_4)_3$.



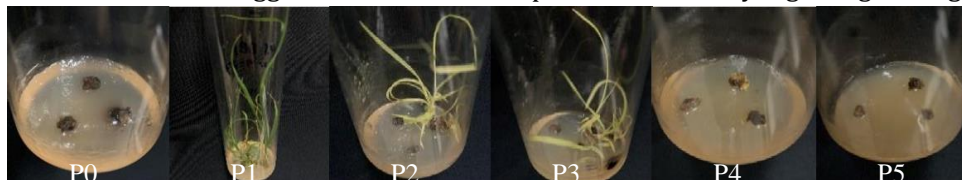
Gambar 4.5 Kalus 0 hari setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung $Al_2(SO_4)_3$.



Gambar 4.6 Kalus 3 minggu setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung $Al_2(SO_4)_3$.



Gambar 4.7 Kalus 5 minggu setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$



Gambar 4.8 Kalus 7 minggu setelah diinokulasi pada media MS II yang mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (P0: 0 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P1: 0,1 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P2: 0,2 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P3: 0,3 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, P4: 0,4 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, dan P5: 0,5 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

Sesaat setelah kalus diinokulasi di media MS II yang mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, setiap tabung kultur berisikan 2 – 5 kalus. Kondisi setiap media MS padat dan berwarna putih keruh sedikit kekuningan, kecuali pada media MS II yang mengandung 0,5 g/l $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (P5) yang berwarna lebih coklat (Gambar 4.5). Setelah 3 minggu ditumbuhkan pada media MS II yang mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terlihat beberapa kalus berdiferensiasi, Hal ini dapat dilihat dengan tumbuhnya akar, tunas, hingga daun. Pada P0, P1, dan P2 kalus sudah tumbuh daun, P3 kalus berdiferensiasi dengan tumbuh tunas, sedangkan P4 dan P5 tidak berdiferensiasi. Jumlah dan panjang daun pada perlakuan P1 merupakan yang terbanyak dan terpanjang di antara keenam perlakuan, dilanjutkan P0 dan P2 dengan jumlah daun sedikit dan pendek, kemudian P3 yang baru tumbuh tunas (Gambar 4.6).

Menurut Ulfa [37], gejala tanaman akibat stres yang diinduksi Al pada daun secara langsung berkaitan dengan kondisi akar yang rusak, sehingga terbatas dalam melakukan penyerapan nutrisi dan hara mineral. Respon morfologi daun mirip dengan defisiensi fosfor, yakni berupa kerdil pada daun yang diikuti ujung daun menguning dan mati [38].

Pengamatan 5 minggu setelah kalus diinokulasi pada media MS II yang mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ adalah kalus dengan perlakuan P0, P1, P2, dan P3 mengalami diferensiasi yang dapat dilihat dari memanjangnya daun sejak 3 minggu setelah kalus diinokulasi, sedangkan perlakuan P4 dan P5 kalus tetap tidak berdiferensiasi. Pada perlakuan P1, diferensiasi menumbuhkan daun terpanjang di antara keenam perlakuan, lalu selanjutnya adalah P2 dan P3 yang memiliki panjang daun yang mirip, setelahnya ada P0 secara berurutan memiliki daun terpanjang hingga terpendek. Pada P1, daun yang ditumbuhkan berwarna hijau, sedangkan pada P0, P2, dan P3 daun yang tumbuh berwarna hijau pucat. 5 minggu setelah inokulasi kalus, hampir semua kalus sudah mengalami *browning* (Gambar 4.7).

Perbedaan warna daun pada tingkatan dosis aluminium terjadi karena aluminium dapat menghambat pengambilan magnesium yang merupakan unsur penyusun utama klorofil di dalam akar dengan memblokir transportasi membran dan enzim situs pengikatan logam [39]. Hal ini dapat menyebabkan bercak nekrotik pada daun yang disebabkan oleh terganggunya proses fisiologis seperti penurunan metabolisme karbon, penurunan klorofil, dan penurunan fiksasi karbon [40].

Setelah 7 minggu kalus diinokulasi pada media MS II yang mengandung $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, kalus-kalus yang berdiferensiasi pada perlakuan P1, P2, dan P3 mengalami perpanjangan daun. Dimana daun terpanjang terdapat pada P1, lalu P2, dan terakhir P3. Pada P4 dan P5 semua kalus mengalami *lethal browning*, sedangkan pada P0 kalus yang berdiferensiasi mengalami kontaminasi setelah 6 minggu kalus diinokulasi, sehingga daun yang tumbuh tidak mengalami

perpanjangan (Gambar 4.8). Berdasarkan pengamatan tersebut, didapat bahwa semakin tinggi dosis yang diberikan maka tingkat diferensiasi kalus semakin menurun, namun hal ini tidak berlaku pada P0 yang sebagian besar kalusnya mengalami *lethal browning* dan membuat kalus tidak berdiferensiasi.

Hasil analisis data pada perlakuan $Al_2(SO_4)_3$ sama dengan hasil yang didapat pada perlakuan NaCl, dimana media MS II yang mengandung $Al_2(SO_4)_3$ tidak berpengaruh nyata terhadap P0 atau media MS tanpa perlakuan terhadap parameter pengamatan kalus tebu varietas PS 881 (diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi). Pada uji ANOVA, secara berurutan didapat nilai F_{hit} sebesar 0,3463, 1,6429, dan 0,4461, sedangkan nilai F_{tab} adalah 2,7955. Hasil analisis diperkuat dengan uji BNT yang menyatakan bahwa perlakuan P1, P2, P3, P4 dan P5 $Al_2(SO_4)_3$ pada media MS II tidak berbeda nyata terhadap kontrol (P0).

Pada uji BNT, hasil yang didapatkan tidak berbeda dengan uji ANOVA dimana perlakuan P0 tidak berbeda nyata dengan perlakuan $Al_2(SO_4)_3$ dosis yang lebih tinggi, yaitu P1, P2, P3, P4 dan P5. Hasil analisis uji BNT terhadap diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi kalus PS 881 tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan (tidak berbeda nyata) antara kontrol (P0) dan perlakuan (P1 – P5). Pada semua perlakuan dimulai dari P1 sampai P5 jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi, *browning*, ataupun kontaminasi tidak berbeda nyata terhadap P0. Pada P1 dengan P2, P3, P4, dan P4 jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi, *browning*, ataupun kontaminasi tidak berbeda nyata. P2 dengan P3, P4, dan P5 jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi, *browning*, ataupun kontaminasi tidak berbeda nyata. P3 dengan P4 dan P5 jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi, *browning*, ataupun kontaminasi tidak berbeda nyata. P4 dan P5 jumlah tabung dengan kalus berdiferensiasi, *browning*, ataupun kontaminasi tidak berbeda nyata.

Sehingga hasil tidak berbeda nyata dari uji BNT didapat berdasarkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara nilai pada perlakuan P0 (0 g/l $Al_2(SO_4)_3$) dengan perlakuan P1 sampai P5 yang memiliki dosis $Al_2(SO_4)_3$ bertingkat, sehingga semua nilai berada pada rentang yang sama (Tabel 4.4). Perolehan hasil tidak berbeda nyata ini disebabkan oleh tidak berdiferensiasinya sebagian besar kalus yang ditanam dengan perlakuan P0 karena mengalami *lethal browning* tercatat sejak minggu pertama setelah kalus diinokulasikan ke media MS II, sedangkan kalus pada perlakuan lain seperti pada P1, P2, dan P3 mengalami diferensiasi yang signifikan dan lebih baik dibanding dengan kalus yang ditumbuhkan pada P0.

Tabel 4.4 Pengaruh $Al_2(SO_4)_3$ terhadap diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi PS 881

Pengaruh $Al_2(SO_4)_3$ terhadap diferensiasi kalus PS 881		Pengaruh $Al_2(SO_4)_3$ terhadap <i>browning</i> kalus PS 881		Pengaruh $Al_2(SO_4)_3$ terhadap kontaminasi PS 881	
Perlakuan	Rata-rata	Perlakuan	Rata-rata	Perlakuan	Rata-rata
P0	1,4505 a	P0	1,5112 a	P0	0,9307 a
P1	1,6505 a	P1	1,5112 a	P1	0,9307 a
P2	1,6505 a	P2	1,3112 a	P2	1,3307 a
P3	1,4505 a	P3	1,5112 a	P3	0,9307 a
P4	1,2505 a	P4	1,5112 a	P4	0,9307 a

Hasil penelitian ini didukung dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sugiyarta [41], [42] pada tahun 2008. Dimana tertulis bahwa varietas tebu PS 881 ternyata cocok dikembangkan pada lahan dengan spesifik lokasi, inceptisol, vertisol, dan ultisol. Salah satu jenis lahan atau tanah yang disebutkan cocok untuk pengembangan tebu varietas PS 881 adalah ultisol, dimana tanah ultisol merupakan tanah dengan tingkat keasaman yang tinggi, pH rata-rata < 4,50, kejenuhan Al tinggi, miskin kandungan hara makro terutama P, K, Ca, dan Mg, dan kandungan bahan organik rendah [43].

Felix & Donald (2002) melaporkan bahwa kemampuan pertumbuhan tanaman pada tanah dengan kandungan Al tinggi adalah dengan menghasilkan eksudat akar (dalam bentuk anion-anion asam organik, gula, vitamin, asam amino, purin, nukleotida, ion-ion anorganik, dan sebagainya). Senyawa-senyawa ini membantu perakaran tanaman terhindar dari akibat buruk ion Al, sehingga akar sebagai fungsi penyerap hara dan air dapat menjalankan fungsinya [44].

5. KESIMPULAN

Varietas tebu unggul PS 881 dapat bertahan hidup pada cekaman salinitas sebesar 5,967 g/l dan cekaman aluminium sebesar 0,5 g/l yang didasarkan pada tidak adanya pengaruh nyata terhadap diferensiasi, *browning*, dan kontaminasi pada kalus tebu PS 881 secara in vitro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Harsanti, S. Hartatik, A. Syamsunihar, S. Soeparjono, and S. Avivi, "Tolerance test of several sugarcane varieties in various flooding depth," *Univ. Jember*, pp. 2005–2007, 2009.
- [2] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Kemenperin Jaga Ketersediaan Bahan Baku Gula untuk Industri Mamin," 2021. <https://kemenperin.go.id/artikel/22284/Kemenperin-Jaga-Ketersediaan-Bahan-Baku-Gula-untuk-Industri-Mamin> (accessed May 26, 2022).
- [3] S. H. P. Astuti, W. Indrawati, D. Supriyatdi, and J. Kusuma, "Respon Kalus Embriogenik Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum*) Var. Kidang Kencana Terhadap Berbagai Modifikasi Media Kultur Dalam Proses Induksi Akar," *Agritrop J. Ilmu-Ilmu Pertan. (Journal Agric. Sci.*, vol. 18, no. 2, pp. 217–224, 2021, doi: 10.32528/agritrop.v18i2.3631.
- [4] K. S.E.A., "Effect of NaCl Salinity on Improvement of Nitrogen Metabolism and Some Ions Uptake in Lupine Plants Subjected to Gamma Irradiation," *Int. J. Agric. Biol.*, pp. 4–7, 2004.
- [5] E. Abate, S. Hussien, M. Laing, and F. Mengistu, "Aluminium toxicity tolerance in cereals: Mechanisms, genetic control and breeding methods," *African J. Agric. Res.*, vol. 8, no. 9, pp. 711–722, 2013, doi: 10.5897/AJARx12.003.
- [6] N. Gupta and S. S. Gaurav, "Aluminium toxicity and resistance in wheat genotypes," *Eur. J. Biotechnol. Biosci.*, vol. 2, no. 4, pp. 26–29, 2014.
- [7] B. C. Oyiga *et al.*, "Identification and Characterization of Salt Tolerance of Wheat Germplasm Using a Multivariable Screening Approach," *J. Agron. Crop Sci.*, vol. 202, no. 6, pp. 472–485, 2016, doi: 10.1111/jac.12178.
- [8] F. Damayanti, I. Mariska, S. Suharsono, and A. Tjahjoleksono, "Respon Kalus Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Kondisi Tercekam Aluminium secara In Vitro," *Pros. Ind. Res. Natl. Semin.*, vol. 8, pp. 590–592, 2017.
- [9] Litbang, "Varietas Tebu yang Mudah Dikelentek," 2015. <https://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2047/> (accessed May 31, 2022).
- [10] R. A. Ramadhan, "STUDI PERTUMBUHAN TANAMAN TEBU TOLERAN CEKAMAN AIR BERDASARKAN KARAKTERISTIK FISILOGISNYA," Universitas Jember, 2015.
- [11] Y. W. Prabawanti, "Biosistemika Keanekaragaman Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) Melalui Pendekatan Morfologi," Universitas Airlangga, 2012.
- [12] P. D. Rijaya and F. T. Kadarwati, "The Suitability of Sugarcane Varieties in Maturity Rates with Land Tipology Classification of Heavy Soil Texture, Rainfed, and Good Drainage," *Bul. Tanam. Tembakau, Serat Miny. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 85–97, 2016, [Online]. Available: https://www.proquest.com/scholarly-journals/discerns-special-education-teachers-about-access/docview/2477168620/se-2?accountid=17260%0Ahttp://lenketjener.uit.no/?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&sid=ProQ:ProQ%3Aed.
- [13] R. S. J. Putri, T. Nurhidayati, and W. Budi W., "UJI KETAHANAN TANAMAN TEBU HASIL PERSILANGAN (*Saccharum* spp. hybrid) PADA KONDISI LINGKUNGAN CEKAMAN GARAM (NaCl)," *ITS J.*, 2005.
- [14] F. Kusmiyati, E. D. Purbajanti, and B. A. Kristanto, "Physiology, Growth and Production of

- Leguminosae for Feed on Saline Condition," *Semin. Nas. Kebangkitan Peternak. – Semarang*, 2009.
- [15] A. Hussain, Z. I. Khan, M. Y. Ghafoor, M. Ashraf, R. Parven, and M. H. Rashid, "Sugarcane, Sugar Metabolism and Some Abiotic Stresses," *Int. J. Agric. Biol.*, vol. 6, pp. 732–742, 2004.
- [16] D. Sopandie, *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. 2013.
- [17] F. Yuniardi, "Aplikasi Dimmer Switch pada Rak Kultur Sebagai Pengatur Kebutuhan Intensitas Cahaya Optimum Bagi Tanaman In Vitro," *Indones. J. Lab.*, vol. 1, no. 4, p. 8, 2020, doi: 10.22146/ijl.v1i4.52991.
- [18] K. K. Behera and S. Sahoo, "Rapid In vitro Micropropagation of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L. cv- Nayana) Through Callus Culture," *Nat. Sci.*, vol. 7, no. 4, 2009.
- [19] E. F. George and P. . Sherrington, "Plant propagation by tissue culture, Exegetics Ltd., Eversley, Basingstoke," pp. 39–71, 1984.
- [20] D. Pangestika, Samanhudi, and E. Triharyanto, "Kajian Pemberian IAA Dan Paclobutrazol Terhadap Pertumbuhan Eksplan Bawang Putih," *J. Kewirausahaan Bisnis*, vol. 17, no. 9, pp. 34–47, 2015.
- [21] O. L. Gamborg and G. C. Phillips, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture: Fundamental Methods*. Germany, 1995.
- [22] R. B. Mayang, D. Hapsoro, and Yusnita, "REGENERASI IN VITRO TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.): INDUKSI DAN PROLIFERASI KALUS, SERTA INDUKSI TUNAS," *J. Agrotropika*, vol. 16, no. 2, pp. 52–56, 2011.
- [23] Yusnita, "Kultur Jaringan: Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien," *Agromedia Pustaka*, p. 105, 2004.
- [24] E. Sandra, *Buku Pelatihan Kultur Jaringan Esha Flora*. Bogor, 2018.
- [25] R. Yuniati, "PENAPISAN GALUR KEDELAI *Glycine max* (L.) Merrill TOLERAN TERHADAP NaCl UNTUK PENANAMAN DI LAHAN SALIN," *MAKARA Sci. Ser.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–24, 2010, doi: 10.7454/mss.v8i1.387.
- [26] H. El-ramady *et al.*, "Plant Nutrients and Their Roles Under Saline Soil Conditions," pp. 297–324, 2018, doi: 10.1007/978-981-10-9044-8.
- [27] W. H. Ko, C. C. Su, C. L. Chen, and C. P. Chao, "Control of lethal browning of tissue culture plantlets of Cavendish banana cv. Formosana with ascorbic acid," *Plant Cell. Tissue Organ Cult.*, vol. 96, no. 2, pp. 137–141, 2009, doi: 10.1007/s11240-008-9469-7.
- [28] A. Taufiq and D. Purwaningrahayu, "Varietas Kacang Hijau Pada Fase Perkecambahan," *Pros. Semin. Has. Penelit. Tanam. Aneka Kacang dan Umbi*, pp. 465–477, 2013.
- [29] A. Ashari, E. Nurcahyani, H. I. Qudus, and Z. Zulkifli, "Analisis Kandungan Prolin Planlet Jeruk Keprok Batu 55 (*Citrus Reticulata* Blanco Var. *Crenatifolia*) Setelah Diinduksi Larutan Atonik Dalam Kondisi Cekaman Kekeringan Secara in Vitro," *Anal. Anal. Environ. Chem.*, vol. 3, no. 01, pp. 69–78, 2018, doi: 10.23960/aec.v3.i1.2018.p69-78.
- [30] R. D. Purwaningrahayu, "Karakter Morfologi dan Agronomi Kedelai Toleran Salinitas," *Iptek Tanam. Pangan*, vol. 11, no. 1, pp. 35–48, 2016.
- [31] L. Admojo and A. Indrianto, "PENCEGAHAN BROWNING FASE INISIASI KALUS PADA KULTUR MIDRIB DAUN KLON KARET (*HEVEA BRASILIENSIS* MUELL. ARG) PB 330," vol. 34, no. 1, pp. 25–34, 2016.
- [32] Z. Rengel, "Role of Calcium in Aluminium Toxicity," *New Phytol.*, vol. 121, no. 4, pp. 499–513, 1992, [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/2557603>.
- [33] D. Sudrajat, "Identifikasi Karakter Morfologi Kedelai Adaptif Lahan Masam Morfologi Identification Character Adaptif Soybean Sour Land," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 103–110, 2010.
- [34] K. Lerch, "Copper monooxygenases: tyrosinase and dopamine β -monooxygenase," *Met. Ions Biol. Syst.*, vol. 13, pp. 143–186, 1981.
- [35] T. C. Tarampak, S. Sulistiawati, and R. Nirmala, "Metode Mengatasi Browning pada Eksplan Ulin (*Eusideroxylon zwageri*) untuk Inisiasi Regenerasi Secara In Vitro," *J. Agroekoteknologi Trop. Lembab*, vol. 1, no. 2, p. 106, 2019, doi: 10.35941/jatl.1.2.2019.106-113.
- [36] E. Resigia and W. Herman, "PENGARUH JENIS DAN LAMA PERENDAMAN BAHAN STERILAN TERHADAP EKSPLAN ANTER GAMBIR (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb.)," *J.*

- BiBiet*, vol. 2, no. 2, p. 44, 2017, doi: 10.22216/jbvt.v2i2.2802.
- [37] F. Ulfa, "Pengaruh cemaran abu slag aluminium terhadap morfologi, anatomi dan kadar klorofil total tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) di Desa Budugsidorejo Kec," 2021, [Online]. Available: <http://etheses.uin-malang.ac.id/33160/>.
- [38] J. ping Wang, H. Raman, G. ping Zhang, N. Mendham, and M. xue Zhou, "Aluminium tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.): physiological mechanisms, genetics and screening methods.," *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, vol. 7, no. 10, pp. 769–787, 2006, doi: 10.1631/jzus.2006.B0769.
- [39] R. S. Pasley, "The Physical and Chemical Reclamation and Recycling of Elements from Black Aluminium Furnace Residues," no. June, 2003.
- [40] W. Guo, H. Nazim, Z. Liang, and D. Yang, "Magnesium deficiency in plants: An urgent realistic problem," *Crop J.*, no. April, 2016, doi: 10.1016/j.cj.2015.11.003.
- [41] E. Sugiyarta, "Peranan Varietas Dalam Peningkatan Produksi dan Produktivitas Gula," 2008.
- [42] S. P. Rahayu, "MENGENAL 4 VARIETAS TEBU YANG ADAPTIF TERHADAP KEKERINGAN (III-lanjutan)," 2011. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/51026/MENGENAL-4-VARIETAS-TEBU-YANG-ADAPTIF---TERHADAP-KEKERINGAN-III-lanjutan/> (accessed May 31, 2022).
- [43] Y. H. Pasang, M. Jayadi, and R. Neswati, "Peningkatan Unsur Hara Fospor Tanah Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos Dan Pelet," *J. Ecosolum*, vol. 8, no. 2, p. 86, 2019, doi: 10.20956/ecosolum.v8i2.7872.
- [44] F. D. Dakora and D. A. Phillips, "Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments," *Plant Soil*, pp. 35–47, 2002.