

INDUKSI KALUS TRIPLOID DARI ENDOSPERMA KENTANG (*Solanum tuberosum* L.) DENGAN PERLAKUAN 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID DAN NAPHTHALENEACETIC ACID

Hamami A. Dewanto*, Amalia Fauziah, Teguh Pribadi

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Jawa Tengah

*) email korespondensi: sanidewanto@gmail.com

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan merakit varietas kentang baru yang memiliki sifat triploid unggul melalui induksi kalus dari biji kentang. Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor diterapkan dalam penelitian ini. Zat pengatur tumbuh (ZPT) 2,4-D dengan konsentrasi 0; 1; 2; 3 mg/l dan NAA dengan konsentrasi 0; 0,5; 1; 1,5; 2 mg/l diujicobakan dan diulang sebanyak tiga kali ulangan. Bagian nuselus yang memisahkan endosperma dan embrio dari daging buah dibuang lalu ditanam pada media MS dimana masing-masing media tersusun atas enam eksplan kemudian ditempatkan diruang gelap. Pengamatan variabel waktu kecambah dan waktu induksi kalus diamati setiap hari, sedangkan variabel persentase kecambah, persentase induksi kalus, rambut halus, dormansi, dan eksplan mati diamati dihari 30 penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan yang dicobakan berhasil menginduksi kalus. Namun, variasi yang dihasilkan dari kombinasi perlakuan yang diuji. Identifikasi level ploidi triploid perlu disertakan dalam pengujian lebih lanjut.

Kata kunci : Murashige and Skoog, kultur endosperma, tanaman triploid.

Diterima: 12 Mei 2021

Diterbitkan: 29 Juni 2021

PENDAHULUAN

Kentang merupakan sumber karbohidrat alternatif pengganti beras. Dalam 100 gram kentang, terkandung total energi sekitar 80 kkal, kandungan karbohidrat mencapai 18% dengan kandungan protein 2,4% dan lemak 0,1% (Purnomo *et al.*, 2014). Oleh karena itu, kentang memiliki potensi dan prospek yang baik untuk dikembangkan karena bernilai ekonomi tinggi serta berpotensi untuk mendukung diversifikasi pangan (Sofiari *et al.*, 2012).

Berdasarkan BPS (2018), Produksi kentang di Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2014-2018) mengalami penurunan sebesar 2,9% ton/tahun sedangkan produktivitas kentang mengalami penurunan cukup tajam pada tahun 2017 sebesar 15,40 ton/ha. Produktivitas kentang di Indonesia masih sangat rendah dibandingkan negara subtropis seperti Amerika Serikat yang produktivitasnya sebesar 38,43 ton/ha, Belanda sebesar 37,80 ton/ha, Selandia Baru sebesar 35,21 ton/ha, dan Jepang sebesar 32,69 ton/ha (Hidayah *et al.*, 2017).

Peningkatan produktivitas kentang dapat dilakukan dengan teknik kultur endosperma. Kultur endosperma merupakan suatu teknik alternatif untuk menghasilkan tanaman triploid

secara langsung, hanya melalui satu tahapan. Keuntungan perbanyak tanaman melalui metode kultur endosperma meliputi : pertumbuhan tanaman lebih cepat, memiliki nilai tambah ekonomi, menghasilkan bunga yang lebih besar, kebanyakan buah tidak berbiji atau berbiji namun steril seperti pada buah pisang, apel, jeruk, anggur, pepaya (Thomas dan Chaturvedi, 2008) buahnya dapat dipanen lebih awal serta dapat menghasilkan biomassa kayu yang lebih besar, seperti pada *Populus tremuloides* untuk bahan baku kertas (Thomas dan Chaturvedi, 2008). Perbanyak tanaman melalui kultur endosperma secara *in vitro* merupakan pilihan yang terbaik karena dapat menghasilkan tanaman triploid dalam jumlah besar dan waktu yang relatif pendek (Sukanto, 2010). Metode kultur endosperma sudah banyak diteliti pada beberapa komoditi pertanian. Góralski *et al.*, (2005) berhasil meningkatkan keberhasilan induksi kalus *Actinidia deliciosa* sebesar 80% dengan perlakuan 2 mg/L 2,4-D dan 5 mg/L kinetin. Penelitian tentang kultur *in vitro* menggunakan eksplan endosperma kentang untuk mendapatkan tanaman triploid belum ada yang melaporkan. Media penginduksi kalus triploid serta karakternya belum banyak diketahui. Penelitian lebih lanjut mengenai kultur

endosperma kentang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas bibit tanaman kentang yang bebas dari virus dan mendapatkan kentang yang bersifat triploid serta meningkatkan nilai ekonomisnya.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu endosperma buah kentang yang diambil dari perkebunan kentang di Dieng, media *Murashige & Skoog* (MS), agar-agar, gula, zat pengatur tumbuh 2,4-*dichlorophenoxyacetic acid* (2,4-D), *naphthaleneacetic acid* (NAA), *benzylaminopurin* (BAP), AgNO_3 , yeast, *L-tryptophan*, *casein hidrolisate*, alkohol 70%, alkohol 96%, aquades, spiritus, korek api, plastik 0,8 mm, karet gelang, label, dan tissue. Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *Laminar Air Flow* (LAF), mikroskop stereo merk SOURCE SS-033, autoklaf merk *all american* serial no B0010752

Rancangan Percobaan

Percobaan ditata menurut Rancangan Acak Kelompok, dengan asal endosperma sebagai pertimbangan pembagian kelompok, yang terdiri atas dua faktor perlakuan yang ditata secara faktorial, yaitu jenis zat pengatur tumbuh (D:2,4-D dan N:NAA) dan konsentrasi zat pengatur tumbuh (D0: 0, D1: 1, D2: 2, D3: 3, N0: 0, N1: 0,5, N2: 1, N3: 1,5 dan N4: 2) mg/L. Masing-masing kombinasi perlakuan dibuat dalam 3 ulangan dan setiap ulangan terdiri dari 5 botol seperti percobaan yang dilakukan oleh Wangiyana *et al.*, (2018). Total kombinasi perlakuan pada penelitian ini adalah 20 kombinasi. Unit penelitian adalah setiap satu botol di isi dengan 6 eksplan dan total botol kultur yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 300 botol dengan 1.800 eksplan.

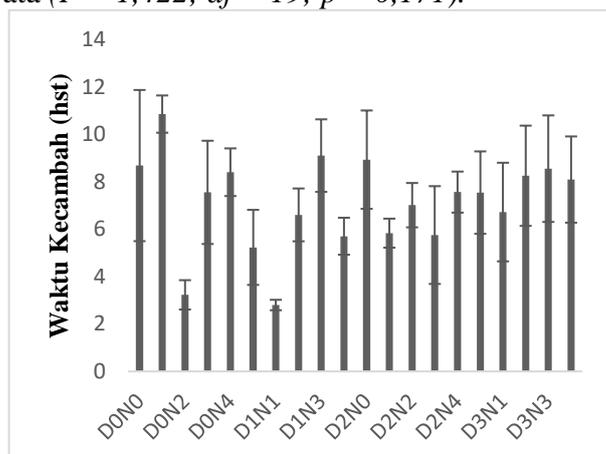
Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

Hasil pengamatan direkapitulasi rata-rata dan galat baku (*standard error*). Data hasil pengamatan terhadap variabel pengamatan diuji normalitas dan homogenitas kemudian dianalisis dengan analisis ragam menggunakan software PAST.3 (ANOVA dan Kruskal-Wallis). Apabila berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut Dunn post hoc.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu Kecambah

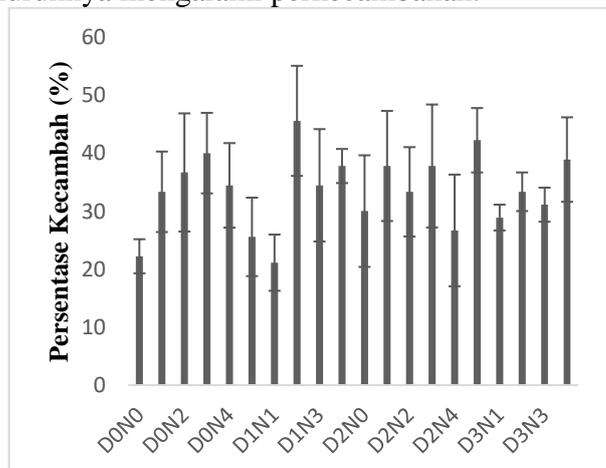
Pengamatan biji atau eksplan yang berkecambah dilakukan setiap hari. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada perlakuan D1N1 merangsang perkecambahan paling cepat yaitu $2,8 \pm 0,22$ Hari Setelah Tanam (HST). Sedangkan D0N1 merangsang perkecambahan paling lambat yaitu $10,85 \pm 0,78$ HST. Berdasarkan hasil analisis statistik, semua perlakuan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata ($F = 1,422$; $df = 19$; $p = 0,171$).



Gambar 4.1 Waktu kecambah (HST) masing-masing perlakuan zat pengatur tumbuh 2,4-D dan NAA. Setiap nilai merepresentasikan mean \pm SE dari 3 ulangan dengan 6 eksplan per perlakuan. Pengamatan waktu kecambah dilaksanakan setiap hari sampai 30 hst.

Persentase Kecambah

Dari 20 perlakuan yang dicobakan seluruhnya mengalami perkecambahan.



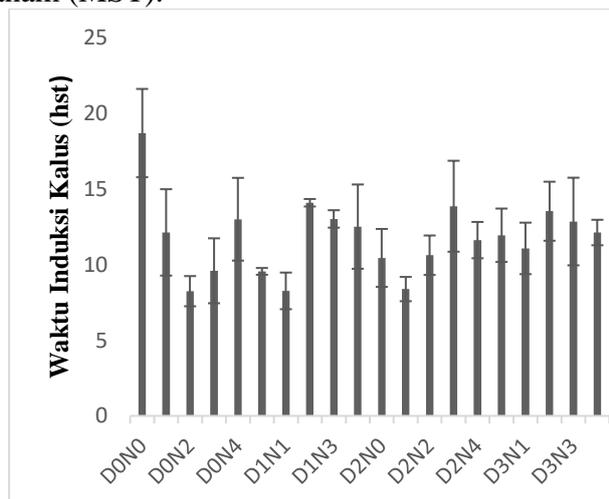
Gambar 4.2 Persentase kecambah (%) masing-masing perlakuan zat pengatur tumbuh 2,4-D dan NAA. Setiap nilai merepresentasikan mean \pm SE dari 3 ulangan dengan 6 eksplan per perlakuan. Pengamatan persentase

kecambah dilaksanakan diakhir penelitian (30 hst).

Rata-rata perlakuan yang mengalami perkecambahan paling tinggi yaitu D1N2 ($45,56\% \pm 9,49\%$). Hal sebaliknya terjadi pada perlakuan D1N1 ($21,11\% \pm 4,84\%$). Meskipun demikian, analisis statistik menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan 2,4-D dengan NAA tidak mempengaruhi persentase perkecambahan ($F = 0,769$; $df = 19$; $p = 0,725$).

Waktu Induksi Kalus

Pembentukan kalus pada berbagai formulasi media disajikan pada gambar 4.3. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembentukan kalus yang dicirikan dengan terjadinya penambahan sel dibagian eksplan biji kentang terjadi setelah 1 Minggu Setelah Tanam (MST).

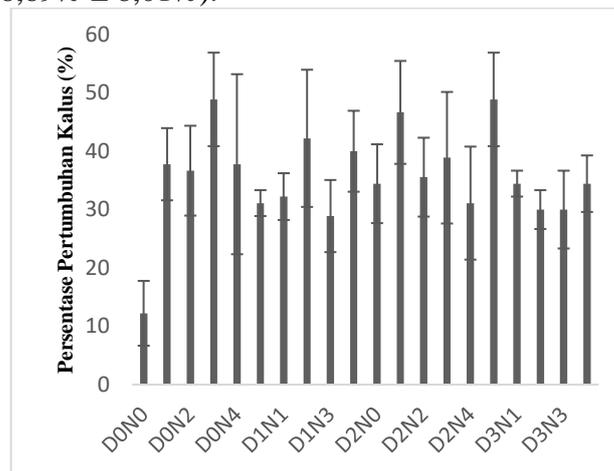


Gambar 4.3 Waktu induksi kalus (HST) masing-masing perlakuan zat pengatur tumbuh 2,4-D dan NAA. Setiap nilai merepresentasikan mean \pm SE dari 3 ulangan dengan 6 eksplan per perlakuan. Pengamatan waktu induksi kalus dilaksanakan setiap hari sampai 30 hst.

Perlakuan D0N2 memberikan respon tercepat dalam menginduksi kalus ($8,25 \text{ HST} \pm 1,00$) disisi lain pada perlakuan D0N0 (kontrol) mampu menginduksi kalus namun dengan rerata waktu induksi kalus paling lama yaitu $18,71 \text{ HST} \pm 5,56$. Formulasi media pada penelitian ini mampu merangsang pembentukan kalus hingga 100%, namun berdasarkan analisis statistika menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang nyata antar perlakuan ($F = 1,621$; $df = 19$; $p = 0,098$).

Persentase Induksi Kalus

Hasil pengamatan diakhir penelitian (30 HST) yang tertera pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa seluruh eksplan yang diinokulasi pada 20 kombinasi perlakuan mampu membentuk kalus. Perlakuan yang berhasil menginduksi kalus dengan nilai rerata tertinggi adalah perlakuan D0N3 dan D3N0 ($48,89\% \pm 8,01\%$).



Gambar 4.4 Persentase kalus (%) masing-masing perlakuan zat pengatur tumbuh 2,4-D dan NAA. Setiap nilai merepresentasikan mean \pm SE dari 3 ulangan dengan 6 eksplan per perlakuan. Pengamatan persentase kalus dilaksanakan diakhir penelitian (30 hst).

Pada kontrol terlihat bahwa persentase eksplan menginduksi kalus ternyata paling rendah dengan nilai rerata $12,22\% \pm 5,56\%$. Meskipun demikian secara statistika tidak berpengaruh nyata ($F = 1,10$; $df = 19$; $p \text{ same} = 0,38$).

Pembahasan

Pada penelitian ini digunakan beberapa kombinasi zat pengatur tumbuh karena diharapkan dapat menginisiasi pembentukan kalus yang embriogenik dengan perbandingan yang optimum. Eksplan yang masih muda dipilih karena tingkat meristematisnya yang baik. Hal ini didukung oleh pernyataan Sushanty (2017) bagian tanaman yang tersusun atas sel aktif membelah merupakan bagian tanaman yang paling baik untuk digunakan sebagai sumber eksplan.

Eksplan biji kentang yang masih muda berbentuk jely dan lapisan biji yang lunak (Thomas and Chaturvedi, 2008). Oleh sebab itu akan memudahkan untuk membuang lapisan

nuselus yang melindungi endosperma dan embrio (Sukmara *et al.*, 2014). Eksplan yang muda memiliki struktur elastis, sel-sel yang masih meristematis dan paling responsif bila dikultur dan oleh karena itu penentuan endosperma penting untuk diperhatikan (Candri *et al.*, 2017). Pemilihan eksplan endosperma yang masih muda juga dikarenakan pada sebagian besar tanaman dikotil, endosperma dimanfaatkan embrio untuk berkembang setelah memasuki masa dormansi, akibatnya biji dewasa sudah tidak lagi mengandung endosperma, sehingga bertambahnya umur buah akan menurunkan ketebalan endosperma (Sukmara *et al.*, 2014).

Perkecambahan eksplan biji kentang muda

Rentang waktu kecambah eksplan biji kentang dimulai dari 2,8 HST pada perlakuan D1N1 sampai 10,85 HST pada perlakuan D0N1. Sedangkan rentang persentase perkecambahan terendah sebesar 21,11% pada perlakuan D1N1 sampai 45,56% pada perlakuan D1N2. Meskipun demikian hasil pengujian secara statistik menunjukkan tidak adanya perlakuan yang signifikan terhadap kedua variabel tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan pengelupasan lapisan nuselus yang memisahkan daging buah sekaligus melindungi endosperma dan embrio. Eksplan yang berhasil diperoleh direndam di dalam aquades steril guna menghindari kontaminasi dari lingkungan sekitar. Perendaman eksplan di dalam aquades steril menyebabkan proses imbibisi makin cepat sehingga mempercepat pula eksplan untuk berkecambah. Perkecambahan dimulai dengan terjadinya proses pembengkakan pada biji, diikuti kemunculan radikula dari testa sampai embrio terlepas dari testa dalam medium kultur (Dewi *et al.*, 2016).

Hal ini didukung dengan penelitian Tian *et al.*, (2012) yang menjelaskan bahwa pengelupasan bagian nuselus yang melindungi endosperma dan embrio mampu meningkatkan proses perkecambahan sebanyak 86%. Lebih lanjut Sutopo (2002) menjelaskan bahwa air yang diserap oleh eksplan dipengaruhi oleh kulit pelindungnya dan jumlah air yang tersedia pada media disekitarnya. Air dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkecambahan pada tanaman. Air berperan dalam melunakan kulit

biji dan menyebabkan pengembangan embrio dan endosperm. Air akan memberikan kemudahan masuknya oksigen kedalam biji (Firdaus *et al.*, 2006). Pembengkakan eksplan umumnya merupakan respon yang disebabkan adanya interaksi antara permukaan eksplan dengan kondisi lingkungan tumbuh dan zat pengatur tumbuh yang ditambahkan kedalam media tanam

Sari *et al.*, (2011) dan Indrayati (2012) menjelaskan bahwa zat pengatur tumbuh seperti auksin dan giberelin berfungsi sebagai stimulator proliferasi jaringan, memperlancar metabolisme dan respirasi. Rivai (2014) melaporkan bahwa pada konsentrasi 2,5-5 mg/l 2,4-D + 1 mg/l BAP + 1 mg/l GA3 mampu menginduksi munculnya kecambah pada induksi kalus jambu biji merah. Kecambah yang muncul berasal dari embrio zigotik karena eksplan yang digunakan adalah biji yang masih muda dan berpotensi untuk berkecambah pada media yang tepat.

Perkecambahan juga dipengaruhi oleh ukuran biji. Biji kentang yang berukuran kecil akan mempercepat penyerapan air sehingga proses perkecambahan makin cepat. Selain itu, terjadinya perkecambahan pada eksplan disebabkan karena penyertaan embrio dalam induksi kalus. Sukmara *et al.*, (2014) melaporkan bahwa kultur endosperma avokad yang hanya mengkulturkan bagian endospermanya saja tidak menghasilkan pertumbuhan kalus. Sedangkan Thomas *et al.*, (2000) melaporkan bahwa induksi tanaman murberry dengan penyertaan zigot embrio menghasilkan persentase pertumbuhan kalus paling tinggi (58,3%) dibandingkan tanpa penyertaan zigot embrio (25,7%).

Pertumbuhan kalus eksplan biji kentang muda

Proses pembentukan kalus merupakan hasil interaksi yang sangat kompleks antara eksplan, komposisi medium dan kondisi lingkungan selama periode inkubasi. Zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin berperan dalam pemanjangan sel sehingga aktivitas keduanya menyebabkan pertumbuhan sel (Manurung, 2018). Endosperma merupakan cadangan makanan bagi embrio yang mengandung zat gizi seperti karbohidrat dan protein yang sangat

dibutuhkan untuk awal pertumbuhan kalus (Sukmara, *et al.*, 2014).

Berdasarkan pengamatan waktu induksi kalus, hasil analisis tidak signifikan namun seluruh perlakuan mampu menginduksi kalus dengan rentang waktu tercepat yaitu DON2 (2,4-D 0 ppm dan NAA 1 ppm) 8,25 HST sampai 18,71 HST pada perlakuan DON0 (tanpa penambahan hormon auksin). Fitriani (2008) pada induksi kalus *Artemisia annua* diperoleh perlakuan BAP 1 ppm dan NAA 1 ppm yang merupakan kombinasi perlakuan paling cepat membentuk kalus yaitu pada 9 HST.

Penambahan BAP pada seluruh perlakuan turut berperan dalam penginduksian kalus. Menurut Mahadi (2012) sifat BAP yang cenderung mengasikkan pucuk mendorong terjadinya pelembutan atau pelunakan dinding sel biji yang kemudian membentuk kalus. Namun zat pengatur tumbuh (ZPT) yang memiliki peran dominan dalam proses pembentukan kalus adalah auksin dibandingkan dengan sitokinin. Asmono dan Sari (2016) telah meneliti variasi konsentrasi 2,4-D (4,53 μ M; 9,05 μ M; 13,58 μ M; dan 18,10 μ M) untuk menginduksi kalus tanaman kentang menggunakan ruas dari planlet steril. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kultivar DTO-28 memberikan respon tercepat dalam menginduksi kalus yaitu 5,00 HST. Sedangkan kultivar Desiree memunculkan kalus pada 8,55 HST.

Hasil berbeda terlihat pada persentase induksi kalus dengan rentang 12,22% pada perlakuan DON0 sampai 48,89% pada perlakuan D3N0 (2,4-D 3 ppm dan NAA 0 ppm) dan DON3 (2,4-D 0 ppm dan NAA 2 ppm). Ariani (2016) pada induksi kalus *Mucuna pruriens* L. menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan terhadap waktu induksi kalus dan persentase induksi kalus pada konsentrasi 2,4-D 0,5; 1,0; 1,5; dan 2 ppm dan BAP 1 - 3 ppm.

Pada perlakuan tanpa penambahan hormon auksin (DON0) menunjukkan pertumbuhan kalus meskipun paling rendah dibandingkan perlakuan dengan penambahan hormon auksin. Terinduksinya kalus pada kontrol diduga karena peranan bahan organik yang juga ditambahkan dalam medium kultur. Selaras dengan penelitian Kosmiatin *et al.*, (2011) pada induksi kalus *Citrus nobilis* perlu diupayakan

penambahan bahan organik untuk mengoptimalkan pembentukan kalus dari endosperma. Penambahan bahan tambahan seperti *casein hydrolysisate* diduga turut berperan dalam proses induksi kalus tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian Kosmiatin *et al.*, (2014) pada induksi kalus endosperma jeruk siam. Persentase pembentukan kalus embrionik tertinggi diperoleh dari media dengan penambahan *casein hydrolysisate* 500mg/l tetapi tidak berbeda nyata dengan ekstrak malt. Ketersediaan bahan organik yang tinggi dalam medium dapat meningkatkan akumulasi asam amino sebagai penyusun protein, sehingga akumulasi protein juga meningkat. Pembentukan protein terutama protein simpanan dalam sel dibutuhkan untuk membentuk embriogenesis somatik.

Thomas *et al.*, (2000) melaporkan bahwa kombinasi eksplan (embrio dan endosperma) pada tanaman murberry dengan penambahan YE (*yeast extract*) (500-2000mg/l), *casein hydrolysisate* (500-2000 mg/l) yang tidak terlalu efektif untuk menginduksi kalus mulberry. Disamping itu, penambahan AgNO₃ diduga turut berperan dalam pembentukan kalus. Hal ini didukung oleh hasil prapenelitian pada induksi haploid padi dengan penambahan 10 ppm AgNO₃ mampu meningkatkan pembentukan kalus pada japonica dan beberapa genotipe indica.

Penambahan bahan tambahan lainnya seperti *L-tryptophan* juga berperan dalam pertumbuhan kalus. Pandiangan (2012) menjelaskan penambahan *L-tryptophan* dengan konsentrasi 100-200 mg/L mempunyai mekanisme terhadap induksi pertumbuhan pada *Catharanthus roseus*. Kalus mengalami penebalan pada bagian dinding sel-selnya yang dapat menyebabkan pembelahan sel berkurang sehingga sel-sel tersebut tidak cepat lisis atau mengalami kerusakan kalus. *L-tryptophan* juga membantu mempertahankan tekanan osmosis dalam medium sehingga sel kalus dapat bertahan lama dengan pertumbuhan yang baik. Penambahan *L-tryptophan* yang berlebih pada medium dapat dikonversi oleh sel tumbuhan menjadi asam piruvat dan asetil ko-A pada metabolisme sel sehingga ketika terjadi kekurangan nutrisi dapat diatasi dan dapat memperpanjang umur kultur.

Hasil penelitian Fauziyyah (2012) menyebutkan eksplan dalam media kontrol (tanpa penambahan 2,4-D dan sukrosa) tidak dapat membentuk kalus secara optimal, berbeda halnya dengan media yang ditambahkan zat pengatur tumbuh 2,4-D (0,5 μ M; 5 μ M; 10 μ M; dan 15 μ M) dan sukrosa (0 g/l; 20 g/l; 30 g/l; dan 40 g/l) dapat membentuk kalus dengan baik. Hal ini dikarenakan tanpa terjadinya keseimbangan unsur hara dalam medium pertumbuhan, maka peran 2,4-D dalam meningkatkan permeabilitas dinding sel, sintesis protein, dan perbesaran sel tidak dapat berlangsung secara optimal. Perbesaran sel disebabkan karena meningkatnya daya plastisitas dinding sel dan terbentuknya enzim selulase yang dapat melarutkan selulosa pada dinding sel, sehingga menyebabkan dinding sel mudah untuk dilalui oleh oksigen, air, dan garam mineral untuk proses pertumbuhan dan perbesaran sel.

Sukrosa sebagai sumber karbon penting untuk mendorong terjadinya pembelahan sel, pembesaran sel, dan diferensiasi sel dengan baik. Husin *et al.*, (2004) peranan sukrosa adalah sebagai penyedia energi yang dimanfaatkan selama proses pembelahan berlangsung untuk membentuk kalus. Selama proses pembelahan sel akan dibentuk dinding sel baru yang memisahkan kedua sel anakan. Oleh sebab itu penambahan sukrosa pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan pembelahan dan perbesaran sel sehingga meningkatkan pertumbuhan kalus.

Lizawati (2012) menjelaskan bahwa pembentukan kalus merupakan salah satu indikator adanya pertumbuhan dalam kultur *in vitro*. Lama atau tidaknya eksplan membentuk kalus tergantung dari bagian tanaman yang dipakai sebagai eksplan serta komposisi media induksi yang digunakan. Secara keseluruhan hormon auksin terutama 2,4-D berperan penting dalam penginduksian kalus (Sanputawong dan Te-chato 2008; Mahadi 2012).

Wartina (2012) menyatakan bahwa secara fisiologis auksin berperan dalam mendorong pembesaran dan pematangan sel. Perkecambahan dan perkembangan sel dalam kultur *in vitro* sangat dikendalikan oleh keseimbangan dan interaksi hormon. Zat pengatur tumbuh pada eksplan sendiri

tergantung dari hormon endogen dan hormon eksogen yang diserap oleh eksplan dari media tanam (Ibrahim *et al.*, 2010).

Penggunaan berbagai konsentrasi auksin (2,4-D dan NAA) menunjukkan efek tidak signifikan karena hasil grafik menunjukkan tidak ada keteraturan dari perlakuan yang dicobakan. Koefisien keragaman pada rerata persentase induksi kalus embriogenik yang diinduksi dari jaringan endosperma cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa keragaman dalam eksplan tinggi, karena endosperma merupakan jaringan yang mempunyai tahapan perkembangan sel dan fungsi sel yang berbeda sehingga setiap sel memberikan respon yang berbeda terhadap formulasi media (Kosmiatin *et al.*, 2014)

Kesimpulan

Kombinasi konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D dan NAA tidak berbeda nyata terhadap induksi kalus endosperma kentang. Tidak diperoleh kombinasi konsentrasi terbaik untuk menginduksi kalus endosperma kentang karena hasil analisis menunjukkan kombinasi konsentrasi tersebut tidak signifikan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjut dari kalus-kalus yang diduga tumbuh dari endosperma kentang untuk mengetahui tingkat ploidinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmono, S. L., dan Sari, V. K. (2016). Induksi Kalus dari Beberapa Kultivar Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Dataran Medium secara *In Vitro* menggunakan Variasi Konsentrasi 2,4-D. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 16(2), 17–22.
- Candri, I., Purnama, G., Martasari, C., dan Kendarini, N. (2017). Analisis Sitologis Jeruk Siam Madu (*Citrus Nobilis* L .) Hasil Kultur Endosperma Cytological Analysis Of Tangerine Var . Madu (*Citrus Nobilis* L.) Derived From Endosperm Culture. 5(5), 847–850.
- Dewi, P., Y., A., Astarini, I., A., dan Kriswitanti, E., (2016). Penyelamatan Embrio *Dendrodium anosmum* Lindl. Melalui Kultur *In Vitro*. *J. Metamorfosa*. 3(2) : 129-139
- Fauziyyah, Dieni., Hardiyanti, T., dan Kamsinah. (2012). Upaya Memacu Pembentukan Kalus Eksplan Embrio Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dengan Pemberian Kombinasi 2,4-D

- dan Sukrosa secara *In Vitro*. *J. Pembangunan Pedesaan*. 12: 30-37.
- Firdaus, L.N., Sri Wulandari dan Yusnida Bey. (2006). *Fisiologi Tumbuhan*. Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau. Pekanbaru.
- Góralski, G., Popielarska, M., Ślesak, H., Siwińska, D., and Batycka, M. (2005). Organogenesis in endosperm of *Actinidia deliciosa* cv. Hayward cultured in vitro. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2), 121–128.
- Hidayah Partiyani, Munifatul, I., dan Sarjana Parman. (2017). Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L. Var. Granola) pada Sistem Budidaya yang Berbeda. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*. Vol 2(2).
- Indriyati, H (2012). Induksi Protocrom pada Eksplan Bawang Putih pada Media MS Minim Hara Makro dan Mikro yang ditambahkan Air Kelapa. *JATT*. 1(1): 28-32.
- Husin, A., C. J. Soegihardjo dan S. Wahyuono. (2004). Pengaruh Kombinasi Kadar Sukrosa dan Kalium Nitrat dalam Medium Murashige-Skoog (MS) terhadap Kadar Atropina atau Hiosiamina pada Kultur Kalus *Datura stramonium* L. Var. Stramonium. *Jurnal Sains dan Sibernatika*, Vol. XVII (3): 1- 7.
- Kosmiatin, M., A. Husni., dan A. Purwito. (2011). Studi Pendahuluan : Perkembangan Jaringan Endosperma dan Induksi Pembentukan Kalus dari Endosperma Jaruk Siam (*Citrus Nobilis* L.). Departemen Agronomi dan Hortikultura, Institut Pertanian Bogor.
- Kosmiatin, M., Purwito, A., Wattimena, G. A., dan Mariska, I. (2014.) Induksi Embriogenesis Somatik dari Jaringan Endosperma Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) cv Simadu. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 42(1), 44–51.
- Lizawati. (2012). Induksi Kalus Embriogenik dari Eksplan Tunas Apikal Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan Penggunaan 2,4 D dan TDZ 1(2), 75–87.
- Purnomo, E., Suendy, Sri Widodo agung, dan Haryanti, S. (2014). Perubahan Morfologi Umbi Kentang (*Solanum tuberosum* L. Var *Granola*) Setelah Perlakuan Cara Dan Waktu Penyimpanan Yang Berbeda. *Jurnal Biologi* 3(1) : 40-48.
- Sanputawong Sakulkrat dan Te-chato S. (2008). Effect Of Genotypes Of Oil Palm As Indicator For Speed Of Callus and Embryogenic Callus Formation. *Journal of Agriculture Technology*. 4(2): 147-156.
- Sari, Y.P., H. Manurung dan Aspiyah. (2011). Pengaruh Peberian Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Anggrek Kantog Semar (*Paphiopedilum supardii* Braem dan Loeb) pada Media Knudson Secara *In Vitro*. *Mulawarman Scientifie* 10 (2).
- Sofiari, E., Handayani, T., dan Kurniawan, H. (2012). *Komoditas Kentang Sumber Karbohidart Bergizi dan Ramah Lingkungan*. 78–90.
- Sukamto, L. A. (2010). Kultur In Vitro Endosperma , Protokol yang Efisien untuk Mendapatkan Tanaman Triploid secara Langsung. *Jurnal Agrobiogen*, 6(2), 107–112.
- Sukmara, Edy, Agus, L., Sukamto, dan Maria Bintang. (2014). Induksi dan Karakter Pertumbuhan Kalus Triploid dari Endosperma Avokad (*Persea americana* Mill.). *Biochemistry*. Vol 1(1): 20-28.
- Sushanty, R., Y., N., (2017). Studi Perkecambahan Benih Zigotik dan Organogenesis Dua Aksesori *Tacca Chantrieri* Andre Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Sutopo, L. (2002). *Teknologi Benih*. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. PT Raja Grafindo Persada: Jakarta.
- Thomas, T. D. Bhatnagar, A.K. dan Bhojwani, S.S. (2000). Production Of Triploid Plants Of Mulberry (*Morus alba* L) by Endosperm Culture. *Plant Cell*. 19 : 395-399.
- Thomas, T D, and R Chaturverdi. (2008). Endosperm cultura: A novel method for triploid plant. *Plant Cell. Tiss. Org. Cult*. 93 (1):1-14
- Tian, L., Ke, Y., Gan., S., Chen., Y, Chen Young, Yang, Z., dan Wang, Xiaoguang. (2012). Triploid Plant Regeneration From Mature Endoseprm Of Sapium Sebiferum. *Plant Growth Regul*. 68 : 319-324.
- Wartina, R. (2012). Pengaruh NAA dan BAP terhadap Regenerasi Kalus Kentang (*Solanum tuberosum* L) Hasil Induksi Mutasi Ethyl Methane Suphonate (EMS). *J. Tanaman Hortikultra*.