

Induksi Multiplikasi Ubi Kayu var. Gajah (*Manihot esculenta crantz*) Melalui Kultur Jaringan Dengan Zat Pengatur Tumbuh BAP dan NAA

Multiplication of Induction of Cassava var. Elephant (*Manihot esculenta crantz*) Through Tissue Culture Using BAP and NAA Growth Control

MUHAMMAD FAUZAN, RATNA NIRMALA, WIDI SUNARYO, PENNY PUJOWATI

Program of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Mulawarman, Jalan Pasir Belengkong, Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119, East Kalimantan, Indonesia. Tel: +62-125-759-2261
email: fauzanmuhammad 91@yahoo.co.id

Manuscript received: 13 Juli 2020 Revision accepted: 4 September 2020

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh BAP dan NAA terhadap pertumbuhan eksplan ubi kayu var. Gajah (*Manihot esculenta crantz*). Percobaan faktorial dalam rancangan acak lengkap dengan ulangan sebanyak tujuh kali digunakan dalam penelitian. Faktor pertama yaitu konsentrasi NAA dengan dua taraf sebesar 0 ppm dan 0,5 ppm, sedangkan faktor kedua adalah konsentrasi BAP dengan empat taraf sebesar 0 ppm, 0,5 ppm, 0,75 ppm dan 1 ppm. Data dianalisa menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BAP berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar tunas ubi kayu var. gajah. NAA berpengaruh nyata terhadap panjang akar tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun tunas ubi kayu var. gajah. Interaksi antara BAP dengan NAA berpengaruh nyata terhadap panjang akar tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi dan jumlah daun tunas ubi kayu var. gajah. Media MS dengan konsentrasi BAP: 1 ppm + NAA: 0,5 ppm merupakan konsentrasi terbaik untuk induksi multiplikasi ubi kayu var. gajah.

Kata Kunci : BAP; Kultur Jaringan; NAA; Ubi kayu.

Abstract. This study aims to determine the effect of BAP and NAA on the growth of var cassava explants. Elephant (*Manihot esculenta crantz*). A factorial trial in a completely randomized design with seven replications was used in the study. The first factor is the concentration of NAA with two levels of 0 ppm and 0.5 ppm, while the second factor is the concentration of BAP with four levels of 0 ppm, 0.5 ppm, 0.75 ppm and 1 ppm. Data were analyzed using variance and continued with the least significant difference test (LSD) with a level of 5%. The results showed that BAP had a significant effect on shoot height and number of leaves but had no significant effect on root length of cassava var shoots. elephant. NAA had a significant effect on root length but had no significant effect on shoot height and leaf number of var cassava shoots. elephant. The interaction between BAP and NAA had a significant effect on root length but did not significantly affect the height and number of leaves of var cassava shoots. elephant. MS medium with a concentration of BAP: 1 ppm + NAA: 0.5 ppm was the best concentration for induction of var cassava multiplication. elephant.

Keywords: BAP; Tissue Culture; NAA; Cassava.

PENDAHULUAN

Pangan merupakan suatu hal yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Peningkatan ketahanan pangan salah satunya adalah melalui penganekaragaman pangan. Melimpahnya ketersediaan bahan baku sumber pangan di Indonesia merupakan kekuatan dalam mempertahankan ketahanan pangan dalam negeri. Namun saat ini kebijakan pengembangan konsumsi pangan lebih terfokus pada beras, sehingga proses penggalian dan pemanfaatan potensi pangan lokal khususnya sumber pangan karbohidrat lain tidak berkembang pesat.

Berdasarkan BPS (2008) konsumsi padi-padian masyarakat Indonesia rata-rata 66,9%. Padahal angka ideal yang direkomendasikan para ahli gizi adalah 50% dan sisanya diisi oleh pangan lain seperti umbi-umbian dan jagung, karena kandungan nutrisi tertentu lebih tinggi dibandingkan beras (Suryana, 2009). Konsumsi umbi-umbian ini didominasi oleh ubi kayu. Dari tanaman ubi kayu ini dapat dihasilkan berbagai produk baik sebagai bahan pangan, industri, maupun pakan. Salah satu produk olahan tersebut adalah tepung tapioka yang dihasilkan dari pengolahan ubi kayu. Saat ini industri

pengolahan ubi kayu menjadi tepung tapioka mulai berkembang di Kalimantan Timur. Namun permasalahan utama yang dihadapi dalam pengembangan industri tepung tapioka salah satu diantaranya adalah ketersediaan bahan baku lokal yang tidak kontinyu sehingga tidak dapat menjamin keberlanjutan industri pengolahan tepung tapioka. Dengan semakin berkembangnya industri pengolahan ubi kayu menjadi tepung tapioka di Kalimantan Timur, menuntut penyediaan bahan baku ubi kayu dalam jumlah yang besar dan memenuhi kualitas yang ditetapkan. Bibit ubi kayu pada umumnya diperoleh dari perbanyakan vegetatif secara stek dibandingkan dengan perbanyakan generatif. Hal tersebut karena biji ubi kayu memiliki pertumbuhan yang sangat lambat dan sering kali mengalami dormansi (Beyene, 2009). Strategi untuk mengatasi permasalahan ketersediaan bibit tersebut adalah dengan menggunakan teknologi moderen yaitu teknik kultur jaringan. Keberhasilan perbanyakan secara *in vitro* ini akan bermanfaat bagi pemenuhan ketersediaan bibit sepanjang tahun tanpa tergantung pada musim serta terjaminnya kualitas bibit.

Penggunaan zat pengatur tumbuh dalam media dasar sangatlah penting. Menurut Pierik (1987) bahwa zat pengatur tumbuh golongan sitokinin dan auksin dalam keseimbangannya merupakan kunci keberhasilan penggunaan teknik kultur jaringan.

BAHAN DAN METODE

Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di *green house* dan laboratorium kultur jaringan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman Samarinda Kalimantan Timur. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi NAA dengan 2 taraf yaitu 0 ppm NAA (n_1), dan 0,5 ppm NAA (n_2). Faktor kedua adalah konsentrasi BAP dengan 4 taraf, yaitu 0 ppm BAP (b_0), 0,5 ppm BAP (b_1), 0,75 ppm BAP (b_2), 1 ppm BAP (b_3).

Cara kerja :

Kegiatan di *green house*

Perbanyakan stek batang didalam *polybag* dengan perbandingan tanah dan kompos 1:1 serta penyemprotan stek batang dengan fungisida dan bakterisida.

Kegiatan di laboratorium

Melakukan sterilisasi alat-alat penelitian botol tanam, *pinset*, *petridish*, gunting, dan gagang *scalpel*. Pembuatan media dasar MS (Murashige dan skoog) dengan ditambahkan BAP dan NAA sesuai perlakuan.

Permukaan eksplan disterilisasi dengan 100 mL aquades yang ditambahkan tween 5 tetes selama 10 menit dan 200 mL aquades yang ditambahkan 0.5 gram fungisida dan 0.4 gram bakterisida selama 30 menit. Di *laminar air flow* eksplan disterilisasi dengan alkohol 70 % selama 1 menit serta bicycline 10 % dan 15 % selama 10 menit lalu dibilas dengan aquadest steril sebanyak 3 kali. Eksplan dikultur terlebih dahulu pada media prekondisi selama 30 hari. Eksplan yang telah steril selanjutnya dimultiplikasi ke media perlakuan. Setiap botol media perlakuan berisi 1 eksplan berukuran 1-2 cm dengan satu mata tunas. Eksplan yang telah ditanam, selanjutnya diinkubasikan di dalam ruang kultur dengan penyinaran cahaya selama 24 jam dan suhu 25°C.

Data analysis

Sebagai kontrol digunakan MS0. Masing-masing kombinasi perlakuan dengan 7 ulangan. Data di analisis menggunakan analisis ragam untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan planlet ubi kayu *var* gajah. Untuk melihat dua rata-rata yang diuji digunakan uji lanjut BNT 5%. Peubah yang diamati dalam penelitian ini meliputi tinggi eksplan (cm) jumlah daun eksplan, panjang akar eksplan serta jumlah dan persentase (%) kultur terkontaminasi.

HASIL DAN DISKUSI

Kondisi umum

Penelitian ini diawali dari perbanyakan stek batang yang kurang lebih berumur 10 bulan. Stek ditanam dalam *polybag* yang diisi dengan campuran media tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1. Berdasarkan pengamatan, stek baru memunculkan tunas pada 8 hari setelah tanam.

Eksplan prekondisi ditempatkan di ruang kultur yang bersuhu antara 20-25°C dengan pencahayaan penuh selama 24 jam. Periode prekondisi untuk ubi kayu *var* gajah adalah 3-5 minggu. Media prekondisi dan media perlakuan menggunakan media MS (Murashige dan skoog).

Teknik kultur jaringan yang digunakan di penelitian ini dilakukan melalui kultur mata tunas. Pertumbuhan mata tunas pada umumnya memerlukan zat pengatur tumbuh. Tahap dan tipe pertumbuhan menentukan jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang dibutuhkan. Auksin yang digunakan dalam penelitian ini yaitu NAA dan sitokinin yang digunakan yaitu BAP (Priyono, 2004).

Pengaruh penambahan BAP terhadap pertumbuhan eksplan ubi kayu *var* gajah secara kultur jaringan.

BAP merupakan salah satu dari golongan sitokinin yang berfungsi untuk memacu pembelahan sel dan pembentukan organ (Pradhan, 2013).

Tabel 1. Pengaruh BAP terhadap tinggi, jumlah daun dan panjang akar eksplan ubi kayu *var* gajah.

	Faktor BAP	Tinggi (cm)	Jumlah daun (helai)	Panjang akar (cm)
minggu ke 1	b ₀	0,977 a*	0,855 a	
	b ₁	1,031 a	0,980 a	
	b ₂	0,989 a	1,042 a	
	b ₃	1,182 b	1,278 b	
minggu ke 2	b ₀	1,102 a	1,040 a	0,72
	b ₁	1,151 a	1,273 b	0,849
	b ₂	1,194 a	1,329 b	0,879
	b ₃	1,323 b	1,412 b	0,904
minggu ke 3	b ₀	1,156 a	1,185 a	0,879 a
	b ₁	1,303 a	1,407 a	1,123 a
	b ₂	1,265 a	1,630 b	1,190 b
	b ₃	1,395 b	1,708 b	1,202 b
minggu ke 4	b ₀	1,204 a	1,324 a	1,167
	b ₁	1,380 a	1,618 a	1,402
	b ₂	1,351 a	1,790 b	1,642
	b ₃	1,465 b	1,889 b	1,668

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji BNT 5% . *. Data merupakan hasil transformasi menggunakan $\sqrt{x + 0,5}$.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh BAP terhadap tinggi eksplan setelah subkultur selama 4 minggu yaitu berpengaruh nyata. Berdasarkan hasil uji BNT 5% menyatakan bahwa mulai dari minggu pertama sampai dengan minggu ke empat bahwa faktor b₃ berbeda nyata dengan faktor b₀, b₁ dan b₂. Hal ini sesuai dengan pendapat Abidin (1994) menyatakan bahwa apabila perbandingan konsentrasi sitokinin lebih besar dibandingkan konsentrasi auksin maka hal ini akan menstimulasi pertumbuhan tunas. Serta diperkuat oleh pendapat George dan Sherrington (1984) bahwa penggunaan BAP pada konsentrasi yang tepat sangat efektif merangsang pengandaan kalus dan pertumbuhan tunas karena penambahan BAP dalam media *in vitro* berperan aktif dalam *oorganogenesis* secara alami. Konsentrasi b₀ merupakan perlakuan kontrol dengan pertumbuhan tinggi eksplan paling lambat. Hal ini dikarenakan konsentrasi tersebut belum mencukupi konsentrasi optimal untuk pembentangan dan diferensiasi sel pada eksplan. Menurut Heddy (1996) bahwa ZPT mempunyai potensi tinggi untuk proliferasi, diferensiasi dan morfologi dari sel muda ke sel dewasa eksplan.

Menurut Wattimena (1991) bahwa sitokinin berpengaruh pada proses pembelahan sel. Setelah pembelahan sel terjadi, dengan adanya nutrisi yang diperlukan akan terjadi proses pertumbuhan lainnya yaitu pemanjangan sel dan penambahan plasma. Menurut Salisbury dan Roos (1995) bahwa pemberian sitokinin meningkatkan plastisitas dinding sel sehingga dinding sel mengendur kemudian terjadi pemanjangan sel lebih cepat. Penggunaan sitokinin dan auksin dalam satu media dapat memacu pemanjangan sel karena adanya pengaruh sinergisme antara zat pengatur tumbuh tersebut (Davies, 1995).

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pengaruh BAP terhadap jumlah daun eksplan setelah subkultur selama 4 minggu yaitu berpengaruh nyata. Namun pada minggu pertama dan minggu ketiga berpengaruh sangat nyata. Berdasarkan hasil uji BNT 5% pada minggu pertama faktor b₃ berbeda nyata dengan faktor b₀, b₁ dan b₂. Pada minggu kedua faktor b₀ berbeda nyata dengan faktor b₁, b₂ dan b₃. Pada minggu ketiga dan keempat faktor b₂ berbeda tidak nyata dengan faktor b₃ tetapi berbeda nyata dengan faktor b₀ dan b₁. Konsentrasi sitokinin pada media kultur menunjukkan bahwa ZPT tersebut memiliki peranan penting. Secara umum, jumlah sitokinin didalam media berpengaruh baik dalam pembentukan daun (Sitohang, 2017). Keseimbangan konsentrasi sitokinin yang ditambahkan dalam media ini mengakibatkan proses fisiologis dalam eksplan dapat berlangsung efektif dalam memacu pertumbuhan daun (Wardani, 2016). Pemberian sitokinin pada media yang eksplannya mengandung sitokinin *endogen* sedikit menghasilkan respon yang positif, tetapi sebaliknya jika eksplan mengandung sitokinin endogen yang cukup, maka tidak ada respon terhadap pemberian sitokinin pada pembentukan daun, bahkan akan menimbulkan respon yang negatif.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan BAP berpengaruh tidak nyata tetapi pada minggu ketiga berpengaruh nyata terhadap panjang akar eksplan ubi kayu *var* gajah. Hal ini disebabkan karena BAP merupakan zat pengatur tumbuh yang memegang peranan penting dalam proses pembelahan dan diferensiasi sel. Pada setiap perlakuan yang konsentrasi BAP nya lebih tinggi dari pada konsentrasi auksin akan menyebabkan pertumbuhan ke arah tunas, hal ini yang menyebabkan BAP berpengaruh tidak nyata terhadap panjang akar eksplan ubi kayu *var* gajah. Didukung oleh

pendapat Abidin (2004) bahwa perbandingan konsentrasi sitokinin yaitu BAP lebih besar dibandingkan konsentrasi auksin maka hal ini akan menstimulasi pertumbuhan tunas.

Pengaruh penambahan NAA terhadap pertumbuhan eksplan ubi kayu *var* gajah secara kultur jaringan.

NAA adalah salah satu auksin sintetis yang sering digunakan karena lebih stabil. NAA adalah salah satu hormon yang tidak bisa terlepas dari proses pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Pengaruh NAA terhadap perkembangan sel yaitu dapat menaikkan tekanan osmotik, meningkatkan sintesa protein, meningkatkan permeabilitas sel terhadap air dan melunakkan dinding sel yang diikuti menurunnya tekanan dinding sel sehingga air dapat masuk ke dalam sel yang disertai dengan kenaikan volume sel (Fitriani, 2006). Menurut Campbell dan Reece (2012) bahwa fungsi utama auksin adalah untuk merangsang pemanjangan sel-sel di dalam tunas-tunas muda yang sedang berkembang.

Tabel 2. Pengaruh NAA terhadap tinggi, jumlah daun dan panjang akar eksplan ubi kayu *var* gajah.

	Faktor NAA	Tinggi (cm)	Jumlah daun (helai)	Panjang akar (cm)
minggu ke 1	n ₁	1,023*	1,116	
	n ₂	1,161	0,961	
minggu ke 2	n ₁	1,067	1,295	0,762a
	n ₂	1,223	1,232	0,914b
minggu ke 3	n ₁	1,240	1,559	0,900a
	n ₂	1,319	1,406	1,297b
minggu ke 4	n ₁	1,295	1,772	1,148a
	n ₂	1,406	1,538	1,792b

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji BNT 5% . *. Data merupakan hasil transformasi menggunakan $\sqrt{x} + 0,5$.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan NAA selama 4 minggu setelah subkultur berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi eksplan ubi kayu *var* gajah. Berdasarkan Tabel 2 menyatakan bahwa faktor n₂ dapat meningkatkan tinggi eksplan dari pada faktor n₁ tetapi tidak berpengaruh nyata. Jika konsentrasi NAA ditingkatkan maka kemungkinan akan berpengaruh nyata terhadap tinggi eksplan. Menurut Campbell dan Reece (2012) bahwa fungsi utama auksin adalah merangsang pemanjangan sel-sel didalam tunas-tunas muda yang berkembang. Hal ini didukung pula oleh NAA yang mengakibatkan pengenduran dinding sel. NAA mempertahankan potensial air sel agar selalu negatif daripada potensial air larutan disekitarnya, sehingga potensial tekanan yang diperlukan untuk mendesak pemanjangan sel tersebut tidak sebesar pada sel yang tidak diberikan NAA.

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan NAA selama 4 minggu setelah subkultur berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah daun eksplan ubi kayu *var* gajah. Hal ini dapat disebabkan adanya pengaruh dari hormon *endogen* yang ada didalam eksplan. Hal ini didukung oleh Goerge dan Sherrington (1984) menyatakan bahwa kemampuan suatu eksplan untuk berdiferensiasi tidak hanya bergantung pada penambahan auksin pada media tetapi bergantung pula pada interaksi antara auksin *eksogen* dan *endogen*.

Berdasarkan sidik ragam menunjukkan bahwa NAA selama 4 minggu setelah subkultur berpengaruh sangat nyata terhadap panjang akar eksplan ubi kayu *var* gajah. Berdasarkan uji BNT 5% bahwa faktor n₂ berbeda sangat nyata dengan faktor n₁. Menurut Rukmana (2009) menyatakan bahwa zat pengatur tumbuh NAA merangsang pertumbuhan yang sangat berpengaruh dalam pembentukan akar-akar dan panjang akar yang menyebabkan tanaman dapat menyerap air beserta unsur hara yang lebih banyak untuk pertumbuhan eksplan. Pembentukan akar tidak terlepas dari proses pembelahan jaringan yang aktif dan berdiferensiasi dan ditunjang oleh adanya senyawa organik dan anorganik yang terdapat didalam media.

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NAA yang diberikan mampu meningkatkan panjang akar, tetapi pemberian ZPT yang diberikan harus dengan konsentrasi yang sesuai dalam artian tidak berlebihan karena jika konsentrasi berlebih maka pertumbuhan eksplan akan terhambat atau fungsi dari ZPT tersebut tidak bekerja secara maksimal. Hal ini sesuai dengan pendapat Lakitan (2011) mengemukakan bahwa pemberian zat pengatur tumbuh dalam konsentrasi yang sesuai dapat meningkatkan morfogenesis tanaman tetapi apabila konsentrasi yang diberikan tidak sesuai maka akan menghambat pertumbuhan akar.

Pada minggu pertama seluruh perlakuan belum membentuk akar. Pada perlakuan yang tidak ditambahkan auksin yaitu NAA, penambahan panjang akar sangat lambat bahkan hampir tidak terbentuk, eksplan hanya mampu bertunas tanpa munculnya akar. Dominasi tidak terbentuknya akar pada seluruh perlakuan pada minggu pertama diduga karena eksplan hanya berkembang menjadi tunas tanpa akar sehingga akar tidak terbentuk dan pada minggu ke2 mulai muncul akar berukuran pendek, jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol eksplan yang ditambahkan NAA mampu bermorfogenesis membentuk akar yang lebih panjang. Hartati (2010) menyatakan bahwa NAA merupakan golongan auksin yang digunakan

dalam pembesaran dan diferensiasi akar sehingga dengan adanya peningkatan konsentrasi NAA dapat meningkatkan pertumbuhan akar eksplan. Hal ini didukung oleh pendapat Salisbury dan Ross (1993) bahwa tunas mikro yang dikulturkan pada medium yang diperkaya dengan NAA juga membentuk akar liar. Akar ini tumbuh menyebar pada batang dan tunas mikro. Semakin tinggi konsentrasi NAA, jumlah dan panjang akar yang terbentuk akan semakin banyak dan panjang karena auksin memacu perkembangan akar. Karjadi dan Buchory (2007) berpendapat bahwa pada umumnya kultur jaringan tanaman membutuhkan auksin dalam pembentukan akar.

Pengaruh interaksi penambahan BAP dan NAA terhadap pertumbuhan eksplan ubi kayu *var* gajah.

Pada proses pembentukan organ seperti tunas atau akar ada interaksi antara zat pengatur tumbuh *eksogen* yang ditambahkan ke dalam media dengan proses tumbuh dan perkembangan jaringan. Untuk memacu pembentukan tunas dapat dilakukan dengan manipulasi konsentrasi antara sitokinin dan auksin *eksogen*.

Penggunaan sitokinin mempunyai peranan penting jika bersamaan dengan auksin yaitu merangsang pembelahan sel dalam jaringan eksplan serta merangsang pertumbuhan tunas, akar dan daun (Yuswindasari, 2010). Zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin tidak bekerja sendiri-sendiri, tetapi kedua ZPT tersebut bekerja secara berinteraksi dalam mengarahkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan. Sitokinin merangsang pembelahan sel tanaman dan berinteraksi dengan auksin dalam menentukan arah diferensiasi sel. Apabila perbandingan konsentrasi sitokinin lebih besar dari auksin, maka pertumbuhan tunas dan daun akan terstimulasi. Sebaliknya apabila sitokinin lebih rendah dari auksin, maka mengakibatkan menstimulasi pada pertumbuhan akar. Apabila perbandingan sitokinin dan auksin seimbang, maka pertumbuhan tunas, daun dan akar akan berimbang pula (Karjadi dan Buchory, 2007).

Berdasarkan hasil sidik ragam menyatakan bahwa interaksi BAP dan NAA berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi eksplan ubi kayu *var* gajah. Hal ini dikarenakan rasio antara konsentrasi BAP dan NAA tidak seimbang sehingga tidak berpengaruh pada pertumbuhan tinggi eksplan ubi kayu *var* gajah. Hal ini didukung oleh pendapat Pandjaitan (2005) menyatakan bahwa jika konsentrasi auksin lebih besar daripada sitokinin maka akan menghambat tinggi eksplan sebaliknya jika konsentrasi sitokinin lebih besar daripada konsentrasi auksin maka akan semakin meningkat tinggi eksplan.

Berdasarkan hasil sidik ragam menyatakan bahwa interaksi BAP dan NAA berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah daun eksplan ubi kayu *var* gajah. Hal ini diduga bahwa dalam pembentukan daun, penambahan sitokinin *eksogen* akan berinteraksi dengan auksin *endogen* yang terkandung di dalam eksplan. Ini membuktikan bahwa pertumbuhan tanaman secara *in vitro* dikendalikan oleh keseimbangan dan interaksi antara zat pengatur tumbuh baik yang terkandung dalam eksplan itu sendiri (*endogen*) maupun yang diserap dalam media (*eksogen*) (Hartati, 2010).

Berdasarkan hasil sidik ragam menyatakan bahwa interaksi BAP dan NAA berpengaruh nyata pada minggu ke 2 dan 4 tetapi sangat berpengaruh nyata pada minggu ke 3 terhadap jumlah daun eksplan ubi kayu *var* gajah.

Tabel 3. Interaksi BAP dan NAA terhadap jumlah daun eksplan ubi kayu varietas Gajah

	Minggu ke 2	Minggu ke 3	Minggu ke 4
n ₁ b ₀	0,734 aA*	0,941 aA	1,118 aA
n ₁ b ₁	0,707 aA	1,009 aA	1,262 aA
n ₁ b ₂	0,707 aA	0,707 aA	0,890 aA
n ₁ b ₃	0,899 aA	0,943 aA	1,323 aA
n ₂ b ₀	0,707 aA	0,818 aA	1,215 aA
n ₂ b ₁	0,991 bB	1,236 aB	1,542 aA
n ₂ b ₂	1,051 bB	1,673 bB	2,394 bB
n ₂ b ₃	0,908 aA	1,462 bB	2,014 bB

Keterangan : angka rata-rata yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris yang sama dan angka rata-rata yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji BNT 5% . *. Data merupakan hasil transformasi menggunakan $\sqrt{x + 0,5}$.

Perlakuan n₂b₂ memiliki pertumbuhan akar yang lebih panjang dari pada perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan adanya keseimbangan rasio BAP dan NAA yang ditambahkan ke media sehingga pada perlakuan n₂b₂ (BAP : 0,75 ppm + NAA : 0,5 ppm) memiliki pertumbuhan panjang akar yang lebih baik. Menurut watimenna (1991) bahwa sitokinin berpengaruh pada proses pembelahan sel. Setelah pembelahan sel terjadi, dengan adanya nutrien yang diperlukan akan terjadi proses pertumbuhan lainnya yaitu pemanjangan sel dan penambahan plasma. Serta diperkuat oleh pendapat Salisbury dan Ross (1995) bahwa pemberian sitokinin meningkatkan plastisitas dinding sel sehingga dinding sel mengendur kemudian terjadi pemanjangan sel lebih cepat. Hal ini didukung pula oleh NAA yang mengakibatkan pengenduran dinding sel. NAA mempertahankan potensial air sel agar selalu negatif daripada potensial air larutan disekitarnya, sehingga potensial tekanan yang diperlukan untuk mendesak pemanjangan sel tersebut tidak sebesar pada sel yang tidak diberikan NAA.

Tingkat kontaminasi dan browning

Kontaminasi eksplan mulai terjadi pada saat periode prekondisi mulai dari minggu pertama pada penelitian ini tergolong rendah yaitu sebesar 13,22%. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya kontaminasi. Berdasarkan pada hasil pengamatan sebagian besar kontaminasi terjadi pada periode prekondisi disebabkan oleh jamur dan pada periode perlakuan yaitu bakteri. Menurut Gunawan (1987) kontaminasi merupakan faktor pembatas dalam keberhasilan kultur jaringan yang dapat berasal dari (1) bahan tanaman baik eksternal maupun internal, (2) organisme kecil yang masuk kedalam media, (3) botol kultur dan peralatan yang kurang steril, (4) lingkungan kerja dan ruang kultur, dan (5) kecerobohan dalam pelaksanaan selain itu, pemotongan jaringan yang kurang hati-hati sehingga sebagian sel-sel jaringan meristem rusak.

Jumlah eksplan yang mati tergolong cukup tinggi pada tahap inisiasi yang ditahap pertama dan kedua yang disebabkan oleh pencoklatan atau *browning*. Eksplan mulai *browning* sejak 3 hari setelah tanam. Hal ini disebabkan karena konsentrasi *bayclin* yang terlalu tinggi sehingga bagian tepi eksplan yang mengalami luka dan terkena oleh *bayclin* dengan konsentrasi yang tinggi menyebabkan keluarnya senyawa *fenolik* yang menyebabkan warna cokelat pada eksplan. Menurut Pierik (1987) bahwa *browning* disebabkan karena adanya aktivitas enzim seperti *folifenol oksidase* dari dalam eksplan yang terbentuk pada saat eksplan dilukai, sehingga kematian akibat pencoklatan lebih sulit diatasi daripada kontaminasi. Sel-sel tersebut dapat juga mati (*browning*) karena pengaruh panas dari alat-alat yang digunakan pada waktu pemotongan atau penanaman eksplan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian “Induksi Multiplikasi Ubi Kayu *var. Gajah (Manihot esculenta crantz)* Melalui Kultur Jaringan dengan Zat Pengatur Tumbuh BAP dan NAA” dapat diambil kesimpulan BAP berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar tunas ubi kayu *var. gajah*. NAA berpengaruh nyata terhadap panjang akar tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tunas dan jumlah daun tunas ubi kayu *var. gajah*. Interaksi antara BAP dengan NAA berpengaruh nyata terhadap panjang akar tetapi berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi dan jumlah daun tunas ubi kayu *var. gajah*. Media MS dengan konsentrasi BAP: 1 ppm + NAA: 0,5 ppm merupakan konsentrasi terbaik untuk induksi multiplikasi ubi kayu *var. gajah*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dosen-dosen Pembimbing dan Ketua Jurusan Agroekoteknologi beserta seluruh Staff Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 2005. *Dasar-dasar Pengetahuan tentang Zat Pengatur Tumbuhan*. Penerbit Angkas Press. Bandung.
- Beyene, D. 2009. *Micropropagation of Selected Cassava (Manihot esculenta Crantz) From Meristem Culture*. Thesis for master of science degree. Departemen of Biology, faculty of science, Addis Ababa University. Ethiopia.
- Campbell dan Reece. 2012. *Teknik Kultur Jaringan*. Jakarta. Erlangga.
- Davies, P. J. 2004. *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. Kluwer Academic Publisher. London.
- Effendi, S. 2002. *Teknik Perbanyak Bibit Ubi Kayu Secara Mudah dan Murah*. Hal. 66-68. Bulletin Teknik Pertanian.
- Fitriani, A. 2006. *Efektivitas asam 2,4-diklororofenoksiasetat (2,4-D) dan kinetin pada media MS dalam Induksi Kalus Sambilontodengan Eksplan Potongan Daun*. Skripsi Biologi FMIPA UNS. Semarang.
- George, E. F. dan Sherrington, P. D. 1984. *Plant Propagation by Tissue Culture*. Hal. 709. Handbook and Directory of Commercial Laboratories. Exegetics Ltd, Eversley. Basingtoke. England..
- Gunawan, L.W. 1995. *Teknik Kultur In Vitro dalam Hortikultur*. Penebar swadaya. Jakarta.
- Hartati, S. 2010. *Pengaruh macam ekstrak bahan organik dan zpt terhadap pertumbuhan planlet Anggrek hasil persilangan pada media kultur*. Caraka tani. Surakarta.
- Heddy, S. 1996. *Hormon Tumbuhan*. Rajawali Press. Jakarta.
- Karjadi AK dan Buchory A. 2007. *Pengaruh NAA dan Bap terhadap pertumbuhan jaringan meristem bawang putih pada medium B5*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Lakitan, B. 2011. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. 206 hal. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Pandjaitan, 2005. *Respon Pertumbuhan Angrek Dendrodium sp Terhadap Pemberian BA dan NAA secara in vitro*. 52-26. Jurnal hart.
- Pierik, R. L. M. 1987. *In vitro Culture of Higher Plants*. Hal. 344. Martinus Nijhoff Publ. Netherlands.
- Pradhan S, Pandel YP, Pant B 2013. *Efficient regeneration of plants from shoot tip eksplants of Dendrobium densiflorumlindi*. Medical Orchid. African.
- Priyono, Suhandi. D., dan Matsaleh. 2000. *Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh IAA dan 2-IP Pada Kultur Jaringan Bakal Buah Pisang*. 10: 183-190. Jurnal Hortikultura.
- Rukmana, R. 2009. *Usaha Tani Kentang Sistem Mulsa Plastik*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Salisbury dan Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan jilid 3*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sitohang, Odeta S T., 2017. *Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh IAA dan BAP Terhadap Pertumbuhan Eucalyptus pellita F.Muell Secara Kultur Jaringan*. Skripsi Fakultas Pertanian. Samarinda.
- Survei Sosial Ekonomi Nasional. 2008. Modul Konsumsi 1999, 2002-2008. <http://www.bps.go.id>.
- Suryana, A. 2009. *Dukungan Kebijakan Pengembangan Industri Tepung Cassava. Prosiding Lokakarya Nasional: Akselerasi Industrialisasi Tepung Cassava untuk Memperkokoh Ketahanan Pangan Nasional*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wattimena, G. A. 1989. *Zat pengatur tumbuh: peran fisiologis dan dasar-dasar pemakaian*. (edisi khusus November): 28-49. Bul. Agron. Bogor.
- Wardani, Imaniah. B. 2016. *Pengaruh Kombinasi BAP dan NAA Terhadap Induksi Tunas Aksilar Cendana (Santalum album L)*. FMIPA UIN Malang. Malang.
- Widyastuti, N., dan Tjokrokusumo. D. 2006. *Peranan beberapa zat pengatur tumbuh (ZPT) Tanaman pada Kultur In Vitro*. Jurnal Sains dan Teknologi. Bandung.

Yuswindasari, C.O. 2010. *Kajian Penggunaan Berbagai Konsentrasi BA dan NAA terhadap Pembentukan Tunas Jarak Pagar (Jatropha curcas L) Pada Kultur In vitro*. Universitas Negeri Sebelas Maret. Surakarta.