EMBRIOGENESIS SOMATIK JAHE PADA BERBAGAI ZAT PENGATUR TUMBUH (*Zingiber officinale* Rosc.)[1]

(Ginger Somatic Embryogenesis On Different Kind of Growth Regulators)
Embriogenesis somatik jahe (Zingiber officinale Rosc) pada berbagai zat pengatur tumbuh

Citra Bakti [2], GA Wattimena [3], Witjaksono [4]

ABSTRACT

This study was aimed at determining the affect of different kind of growth regulators on growth and regeneration of ginger somatic embryogenesis. In vitro shoots were produced from rhizome-derived unopened bud. Longitudinal slice of shoots containing meristems were used as inoculum for callus induction in MS-based media supplemented with different concentration of Picloram, 2,4-D and NAA. NAA failed to induced callus formation but resulted in proliferation of shoots. 2,4-D and Picloram induced the formation of callus with different morphologies, but granular and friable callus was induced on medium supplemented with 10-20 mg/l picloram. That callus failed to regenerate into plant upon transfer to medium without plant growth regulator or medium supplemented with BA and thidiazuron, instead that individual granular callus produced individual roots indicating the unity of the granular callus. Histological observations provide further evidence that the callus was embryogenic.

Keywords: *ginger*, *Zingiber officinale, growth regulator, somatic embriogenesis*,

PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale* Rosc) termasuk rempah-rempah yang sejak ribuan tahun digunakan dan diperdagangkan secara luas di dunia. Selain Indonesia negara pemasok utama jahe ke pasaran dunia adalah Thailand, Cina, Fuji, Brazil dan India. Sedangkan negara pengimpor utama adalah Jepang, Amerika Serikat, Inggris, Kanada, Belanda, Jerman, Singapura, Prancis dan Hongkong. Permintaan jahe dunia menunjukkan trend meningkat rata-rata 9.10% pertahun (Rosmelisa dan Rini Pribadi, 1997).

Berdasarkan keanekaragamannya, ada 3 klon jahe yang dibudidayakan di Indonesia yaitu : jahe merah dikenal dengan nama jahe sunti, jahe putih kecil dikenal dengan nama jahe emprit, dan jahe putih besar dikenal dengan nama jahe gajah (Sumatra), jahe ganyong (Kuningan), jahe kapur (Jawa Timur) atau jahe badak (Jawa Barat). Ketiga klon jahe tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lainnya baik dalam kandungan minyak atsiri, kandungan air, serat, bentuk dan warna rimpang.Variasi ini diduga berkembang berhubungan dengan keadaan tanah, iklim, dan cara budidayanya. (Rostiana *et al*, 1991, Januwati,1991).

Secara umum jahe merah (*Z. officinale* var Sunti) mempunyai karakteristik rimpang pendek, merunjung hingga membulat, pemukaan luar berwarna ungu kemerahan, rimpang berukuran kecil, berserat kasar dan mempunyai kandungan minyak atsiri 2.58-3.90%. Jahe putih (*Z. officinale* var officinale) mempunyai karakteristik: rimpang memanjang menyerupai tabung, permukaan luar berwarna putih kotor, ukuran rimpang besar, berserat lembut dan mengandung minyak atsiri 0.82-1.66%. Sedangkan jahe kecil, (emprit) mempunyai ciri sebagai berikut: rimpang relatif kecil, agak pipih, warna putih sampai kuning, serat agak kasar, aroma agak tajam, rasa agak pedas dan mengandung minyak atsiri 1.5-3.5% (Rugayah, 1994 dan Rostiana *et al*, 1991). Produksi rimpang jahe merah, jahe gajah, jahe emprit yang ditanam di lapang berturut-turut berkisar 8-15 ton/ha,

10-25 ton/ha, dan 10-25 ton/ha pada umur panen 8-10 bulan (Januwati, 1991; Rosita *et al*, 1997). Demikian juga dengan tingkat ketahanan terhadap penyakit layu/ busuk rimpang yang disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum*, jahe besar gajah/badak paling peka sedangkan jahe merah merupakan varietas yang paling toleran.

Hibridisasi konvensional antara jahe badak dengan jahe merah pernah dilakukan dengan tujuan memindahkan sifat toleran terhadap penyakit busuk rimpang jahe merah ke jahe badak, namun tidak berhasil, diduga karena adanya inkompatibilitas. Sifat inkompatibilitas dikontrol secara sporophytic dan terdapat pada jahe diploid maupun tetraploid (Ramachandran dan Chandrasekharan, 1992 dalam Bermawi *et al*, 1997) sehingga masalah tersebut tidak bisa diatasi dengan poliploidisasi. Dengan demikian perlu ditempuh cara persilangan nonkonvensional misalnya dengan cara persarian dan pembuahan in vitro maupun fusi protoplas. Teknologi non-konvensional tersebut mengandalkan tersedianya protokol regenerasi tanaman dari tingkat sel atau jaringan. Regenerasi tanaman melalui kultur jaringan dapat diperoleh melalui tiga cara yaitu pembentukan tunas samping, pembentukan tunas adventif dan embriogenesis somatik.

Penelitian kultur jaringan tanaman jahe atau yang sefamili telah cukup banyak dilakukan walaupun tujuannya pada umumnya untuk perbanyakan tanaman melalui induksi tunas samping dari eksplan mata tunas pada medium dasar MS dan modifikasinya (Hosoki and Sagawa, 1977) maupun induksi tunas adventif dari eksplan pseudostem dari tunas in vitro (Ikeda and Tanabe, 1989) pada medium MS padat maupun cair. Jenis-jenis lain dari keluarga *Zingiberaceae* yang telah berhasil diperbanyak secara kultur jaringan meliputi *Alpinia purpurata* (Chang and Criley, 1993), *Kaempferia galanga* (Shirin, Kumar and Mishra, 2000), temulawak (Mukhri, Baihaki dan Soedigdo, 1985).

Penelitian regenerasi melalui tahapan pembentukan kalus juga telah dilaporkan untuk tanaman temulawak (Mukhri, Baihaki dan Soedigdo, 1985). Kalus terbentuk pada media dengan 10 mg/l BA dan 15 mg/l NAA dan beregenerasi menjadi tunas, akar, embriod dan kalus jika dipindahkan ke media yang mengandung 10mg/l BA dan 1mg/l 2,4-D. Gati dan Mariska (1988) mendapatkan kalus friable jahe merah yang berasal dari mata tunas yang dikulturkan pada media MS dengan berbagai konsentrasi kinetin dan membentuk akar setelah diregenerasikan, terutama pada media yang mengandung NAA 0.1 mg/l. Eksplan yang ditanam pada media yang diperkaya dengan BAP membentuk kalus kompak kemudian membentuk tunas adventif yang tumbuh menjadi tanaman yang lengkap. Media terbaik untuk mendapatkan tunas adventif yang mengandung 10 mg/l BAP + 0.1 mg/l NAA.

Dari penelusuran pustaka belum ditemukan metoda regenerasi jahe melalui embriogenesis somatik melalui tahap suspensi maupun biak embriogenik di medium semi solid. Penelitian embriogenesis somatik pada tanaman monokotil yang lain telah cukup maju misalnya pada tanaman pisang (Dhed'a *et al*, 1991; Novak *et al*, 1989 dan Ganapathi *et al*, 2001). Dari studi pustaka tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor yang paling berpengaruh pada pembentukan biak embriogenik serta regenerasinya adalah zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin. Pustaka tersebut dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan protokol embriogenesis somatik pada jahe.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh berbagai jenis dan konsentrasi zat pengatur untuk pembentukan dan pertumbuhan biak embriogenik.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium kultur jaringan Treub, Bidang Botani, Puslit Biologi, LIPI, Bogor, pada bulan April 2003-April 2005. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yang berkelanjutan yaitu: (1) inisiasi, proliferasi dan pemeliharaan tunas in vitro sebagai sumber inokulum; (2) induksi/pembentukan kalus atau biak embriogenik; dan (3)

regenerasi. Untuk memastikan apakah kalus yang terbentuk bersifat embriogenik dilakukan pengamatan mikrokospik terhadap kalus yang terbentuk pada tahap dua.

Inisiasi, Proliferasi, dan Pemeliharaan Sumber Inokulum

Tahap ini bertujuan untuk menyediakan sumber inokulum bagi penelitian tahap 2. Rimpang jahe gajah dan jahe merah yang berasal dari lapang dicuci sampai bersih dengan air mengalir, direndam deterjen selama 12 jam, dibilas dan dikering-anginkan. Rimpang kemudian disimpan dengan cara dihampar dalam ruangan yang bersuhu sejuk, aerasi baik dan tidak terkena cahaya langsung untuk mempercepat tumbuhnya tunas. Tunas-tunas yang tumbuh kemudian disterilkan dengan beberapa bahan sterilant (larutan pemutih NaOCl 5,25%, air steril dan $HgCl_2$) dengan beberapa kombinasi. Tunas dikupas beberapa lapis seludang daunnya dan ditanam dalam botol kultur berisi media. Untuk inisiasi, proliferasi dan pemeliharaan jahe gajah digunakan media MS (yang sudah dimodifikasi, berisi garam makro, garam mikro, vitamin, 30 g/l sukrosa, 2g/l gelrite) + 5 mg/l BA, sedangkan untuk jahe merah digunakan media MS + 10 mg/l BA.

Tahap Induksi/Pembentukan Kalus atau Biak Embriogenik

Potongan tunas yang berukur panjang 0.6-0.8 cm dan diameter 0,3-0,5 cm dan terdiri dari batang semu dan pelepah daun dan mengandung meristem pucuk diambil dari tunas majemuk pada tahap 1. Tiap potongan tunas ini kemudian diiris memanjang menjadi 4 irisan dan ditanam pada petridish steril berukuran 10 cm x 2cm yang berisi 35-40 ml media perlakuan. Setiap satu petridish ditanami delapan irisan. Media perlakuan terdiri dari media MS ditambah perlakuan zat pengatur tumbuh. Ada tiga macam zat pengatur tumbuh yang digunakan secara terpisah yaitu picloram, 2,4-D dan NAA, masing-masing dengan taraf 0, 1, 3, 10, 20 mg/l. Setelah inokulasi, biak ditutup dengan plastik pembungkus makanan (*cling wrap*). Biak dipelihara dalam kotak plastik dan diletakkan pada suhu ruang (25°C) tanpa tambahan penyinaran.

Pengamatan secara mikroskopik hanya dilakukan untuk kalus-kalus yang diduga bersifat embriogenik. Pembuatan preparat dan pengamatannya dilakukan di Herbarium Bogoriensis. Pembuatan preparat melalui beberapa tahapan, yaitu fiksasi,dehidrasi (alkoholisasi dan xylolisasi), infiltrasi pemblokan, embedding, pengirisan dan staining (pewarnaan). Pewarna yang dipakai adalah fast green. Pengamatan dilakukan untuk melihat pertumbuhan dan perkembangan kalus yang terbentuk pada tahap 2 mulai dari umur 0 - 13 minggu setelah induksi.

Tahap Regenerasi

Kalus-kalus yang diduga bersifat embriogenik dari percobaan tahap 2 diregenerasikan pada media MS yang mengandung sitokinin. Sitokinin yang digunakan adalah BA dan thidiazuron masing-masing dengan taraf 0, 1, 3, 10, 20 mg/l, diaplikasikan terpisah akan dipelihara di bawah cahaya dengan lama penyinaran 16 jam terang dan suhu 25°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Inisiasi, Proliferasi, dan Pemeliharaan Sumber Inokulum

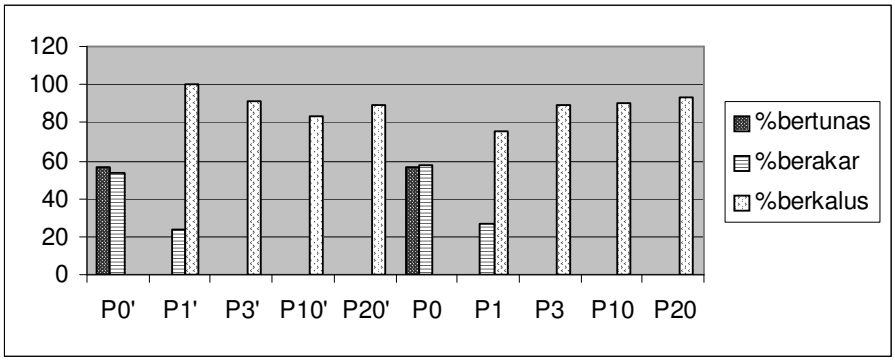
Berbagai cara sterilisasi telah dilakukan pada jahe gajah dan jahe merah untuk memperoleh eksplan yang steril. Tingkat keberhasilan sterilisasi jahe gajah berkisar antara 30%-63.64%, sedangkan untuk jahe merah berkisar antara 0 % - 11.36 %. Hasil yang terbaik diperoleh pada perlakuan sterilisasi dengan menggunakan sublimat pada salah satu tahap sterilisasi. Kendala yang dihadapi pada tahap penyediaan sumber eksplan, terutama untuk jahe merah adalah: rimpang berasal dari dalam tanah sehingga peluang terkontaminasi cukup tinggi terutama oleh bakteri, rimpang berukuran kecil sehingga tidak

tahan lama disimpan (2 minggu), tunas yang dihasilkan sedikit dan berukuran kecil, serta ketersediaan rimpang terbatas.

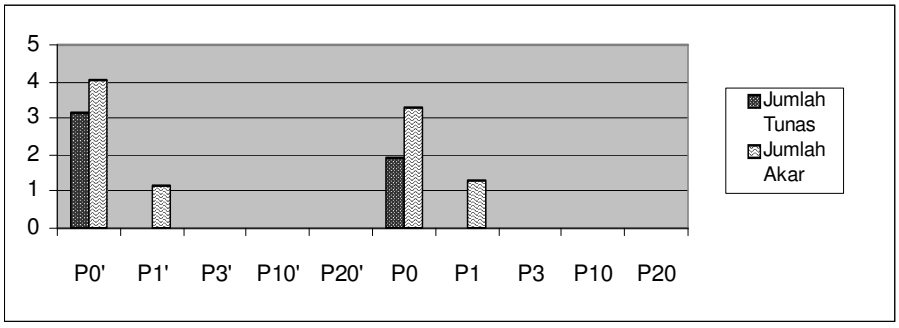
Media inisiasi dan proliferasi yang digunakan untuk jahe gajah dan jahe merah berbeda. Jahe merah membutuhkan taraf sitokinin yang lebih tinggi (10 mg/l BA) dibandingkan dengan jahe gajah (5 mg/l BA) untuk pertumbuhan tunas adventif dan tunas aksilar yang optimum. Selain tunas aksilar kultur jahe gajah dan jahe merah juga menghasilkan kalus kompak yang selanjutnya akan menghasilkan tunas adventif. Untuk menghasilkan jumlah tunas yang cukup untuk penelitian tahap dua dilakukan beberapa kali subkultur pada media yang sama dengan selang waktu 3 minggu.

Tahap Induksi/Pembentukan Kalus atau Biak Embriogenik

Pada 1MST di media perlakuan inokulum mulai membengkak. Pada 2 MST inokulum terlihat transparan dan menjadi lebih besar. Pada 3 MST tunas, akar atau kalus sudah mulai terbentuk. Kalus yang terbentuk awalnya masih berupa kalus yang kompak dan selanjutnya tekstur kalus berubah sesuai perlakuan.

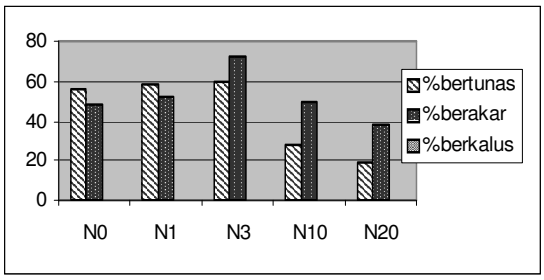


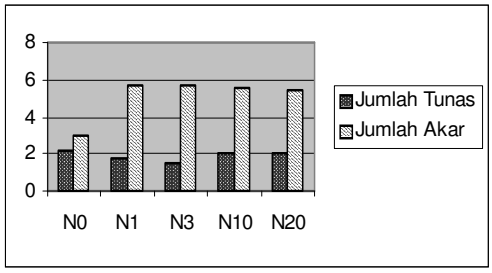
Gambar 1a. Pengaruh perlakuan picloram terhadap pola pertumbuhan kultur jahe gajah (% eksplan bertunas, % eksplan berakar, % eksplan berkalus)



Gambar 1b. Pengaruh perlakuan picloram terhadap pola pertumbuhan kultur jahe gajah (Jumlah tunas dan jumlah akar).

Pada gambar 1a dan 1b terlihat perlakuan picloram 0 dan 1 mg/l, kultur jahe gajah membentuk tunas dan atau akar, sedangkan kalus terbentuk untuk perlakuan 1, 3, 10 dan 20 mg/l (P1, P3, P10, P20). Kalus yang terbentuk umumnya berwarna kekuningan dan kecoklatan dan bertekstur kompak (P1), kompak bergranul (P3) serta bergranul dan friable (P10 dan P20). Setelah 3,5 bulan di media yang sama tanpa sub kultur, kalus pada perlakuan 3 mg/l picloram menjadi friable

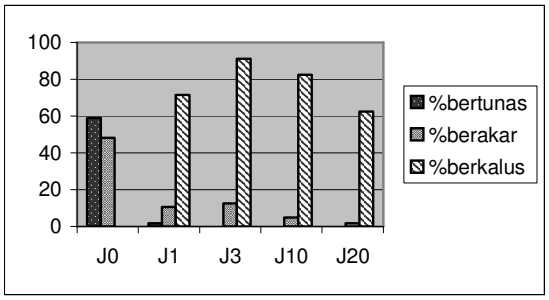


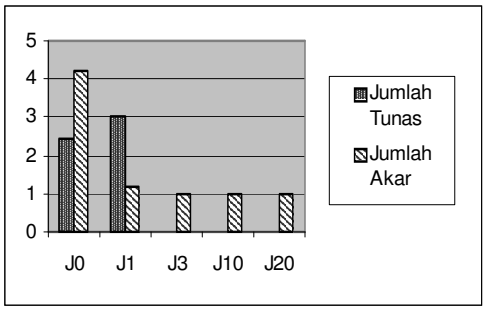


Gambar 2a. Pengaruh perlakuan NAA terhadap pola pertumbuhan kultur jahe gajah (% eksplan bertunas, % eksplan berakar, % eksplan berkalus).

Gambar 2b. Pengaruh perlakuan NAA terhadap pola pertumbuhan kultur jahe gajah (jumlah tunas dan jumlah akar).

Pada gambar 2a dan 2b terlihat perlakuan NAA 0-20 mg/l, kultur jahe gajah membentuk tunas dan atau akar. Perlakuan N0 (0 mg/l NAA) menghasilkan jumlah tunas tertinggi, sedangkan perlakuan N3 (3mg/l NAA) menghasilkan persentase eksplan bertunas dan persentase eksplan berakar tertinggi. Perlakuan N10 dan N20 (10 mg/l dan 20 mg/l NAA) menghasilkan tunas-tunas dan akar-akar yang pendek. Secara keseluruhan untuk tujuan perbanyakan jahe melalui pembentukan tunas aksilar dan tunas adventif perlakuan N1 (1mg/l NAA) merupakan perlakuan yang lebih baik dari perlakuan lainnya, sedangkan untuk tujuan induksi kalus embriogenik NAA tidak bisa digunakan karena tidak bisa menginduksi terbentuknya kalus.

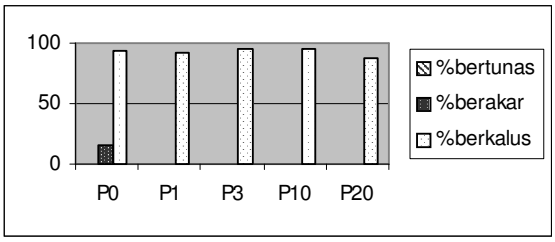


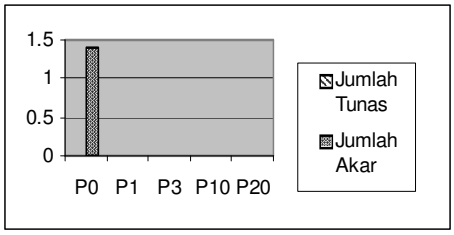


Gambar 3a. Pengaruh perlakuan 2.4-D terhadap pola pertumbuhan kultur jahe gajah (% eksplan bertunas, % eksplan berakar, % eksplan berkalus).

Gambar 3b. Pengaruh perlakuan 2.4-D terhadap pola pertumbuhan kultur jahe gajah (jumlah tunas dan jumlah akar).

Pada gambar 3a dan 3b terlihat perlakuan 2.4-D 0 dan 1 mg/l, kultur jahe gajah membentuk tunas dan atau akar, sedangkan kalus terbentuk untuk perlakuan 1, 3, 10 dan 20 mg/l. Kalus yang terbentuk umumnya berwarna kekuningan – keabu-abuan dan bertekstur kompak (J1), kompak bergranul (J3-J20). Setelah 5 bulan di media yang sama tanpa sub kultur, kalus pada perlakuan J10-J20 menjadi friable (masing-masing 1 petri).

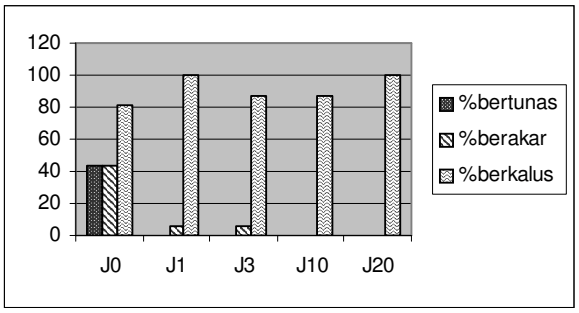


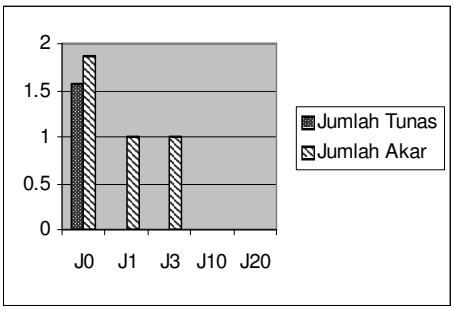


Gambar 4a. Pengaruh perlakuan Picloram terhadap pola pertumbuhan kultur jahe merah (%eksplan bertunas, % eksplan berakar, % eksplan berkalus).

Gambar 4b. Pengaruh perlakuan Picloram terhadap pola pertumbuhan kultur jahe merah (jumlah tunas dan jumlah akar).

Pada gambar 4a dan 4b terlihat kultur jahe merah membentuk akar hanya pada perlakuan picloram 0 mg/l, sedangkan kalus terbentuk untuk perlakuan 1, 3, 10 dan 20 mg/l (P1, P3, P10, P20). Kalus yang terbentuk umumnya berwarna kekuningan dan kecoklatan dan bertekstur kompak (P1), kompak bergranul (P3) serta bergranul dan friable (P10 dan P20). Setelah 3.5 bulan di media yang sama tanpa sub kultur, kalus pada perlakuan 3 mg/l picloram menjadi friable





Gambar 5a. Pengaruh perlakuan 2.4-D terhadap pola pertumbuhan kultur jahe merah (% -ase eksplan bertunas, %-ase eksplan berakar, %-ase eksplan berkalus).

Gambar 5b. Pengaruh perlakuan 2.4-D terhadap pola pertumbuhan kultur jahe merah (jumlah tunas dan jumlah akar).

Pada gambar 5a dan 5b terlihat kultur jahe merah membentuk tunas pada perlakuan 2.4-D 0 mg/l, akar pada perlakuan 0-3mg/l 2.4-D, serta kalus pada semua perlakuan perlakuan (J0-J20). Kalus yang terbentuk umumnya berwarna putih kekuningan, putih keunguan dan kecoklatan, dan bertekstur kompak (J0-J20). Setelah 5 bulan di media yang sama tanpa sub kultur, kalus pada perlakuan J20 menjadi friable.

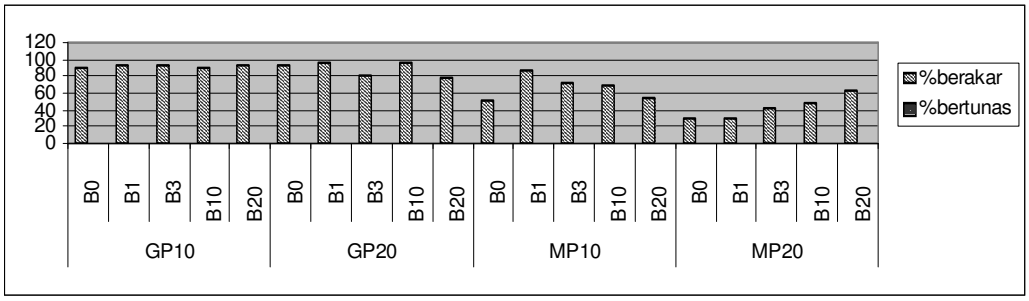
Secara umum dapat dinyatakan bahwa untuk keperluan perbanyakan dan pemeliharaan jahe gajah, media MS tanpa zat pengatur tumbuh (P0, N0, J0) dapat digunakan, sedangkan untuk jahe merah tidak disarankan. Untuk menginduksi kalus jahe merah dan jahe gajah dapat digunakan picloram dan 2.4-D, sedangkan untuk menginduksi secara cepat kalus yang diduga embriogenik dipakai picloram 10 dan 20 mg/l. Jahe merupakan tanaman monokotil sehingga tidak memerlukan sitokinin dalam perlakuan induksi kalus (George, 1993). Kalus-kalus yang diduga embriogenik (mempunyai kriteria berwarna kekuningan granular dan friable) sebagian diamati anatominya secara mikroskopik untuk dilihat tahap pertumbuhan dan perkembangan sel-selnya. Sebagian kalus juga di subkultur ke media cair dengan perlakuan sama (P10 dan P20, masing-masing sebanyak 10 erlenmeyer berisi 10-15 ml media) dan di shaker untuk menghasilkan

suspensi sel namun tidak memberikan hasil yang memuaskan dibandingkan dengan hasil subkultur pada media semi solid.

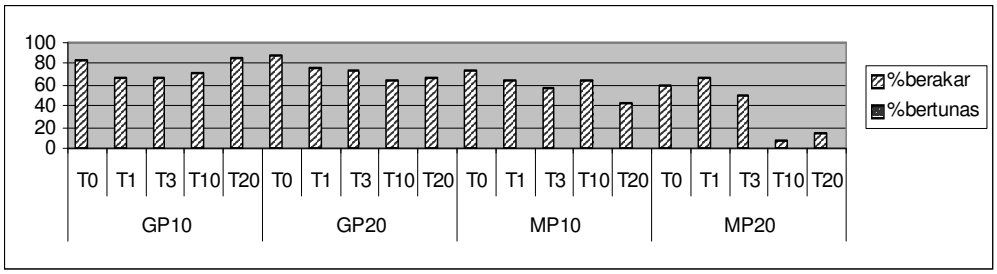
Hasil pengamatan anatomi kalus dari minggu ke 0 –13 setelah induksi membuktikan bahwa kalus yang terbentuk pada perlakuan 10 dan 20 mg/l picloram bersifat embriogenik. Pada kalus yang berumur dua minggu mulai terjadi pembelahan sel sel inokulum kesegala arah. Sel embriosomatik dicirikan berbentuk tidak bulat, sitoplasmanya padat sehingga sel berwarna lebih gelap dibanding sel non embriogenik yang transparan (kurang padat), vakuola sangat sedikit, ukuran sel kecil, inti besar dan bentuk selnya terorganisir (Litz dan Gray, 1995). Pada minggu ke 8 terlihat bahwa embrio telah memasuki tahap globular.

Tahap Regenerasi

Walaupun dari hasil pengamatan secara anatomi kalus–kalus yang terbentuk menunjukkan sifat embriogenik, tetapi kalus tersebut tidak bisa membentuk tunas pada semua media regenerasi yang diuji. Pada semua perlakuan BA (0, 1, 3, 10, 20 mg/l) maupun Thidiazuron (0, 1, 3, 10, 20 mg/l) kalus embriogenik jahe gajah dan jahe merah hanya membentuk akar (gambar 6 dan gambar 7), dan ada 1 petri dari masing-masing perlakuan thidiazuron 10 dan 20 mg/l jahe merah yang membentuk kalus-kalus baru.



Gambar 6. Pengaruh perlakuan BA terhadap pertumbuhan kalus embriogenik jahe gajah dan jahe merah.



Gambar 7. Pengaruh perlakuan Thidiazuron terhadap pertumbuhan kalus embriogenik jahe gajah dan jahe merah.

Akar yang terbentuk umumnya keluar dari satu butiran kalus. Diduga kalus embriogenik tidak bisa membentuk tunas karena masih ada pengaruhi auksin dari media tahap induksi kalus, waktu regenerasi yang tidak tepat atau jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh untuk regenerasi yang tidak sesuai untuk regenerasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Perlakuan 2.4-D dan Picloram berhasil menginduksi kalus pada kultur jahe gajah dan jahe merah, sedangkan NAA menginduksi tunas dan akar. Kalus embriogenik dihasilkan pada perlakuan picloram 10 dan 20 mg/l. Kalus embriogenik tersebut tidak berhasil diregenerasi menjadi tunas pada semua media yang dicoba, yaitu dedium tanpa zat tumbuh maupun yang dilengkapi dengan BA atau thidiazuron, tetapi kalus tersebut membentuk akar. Pengamatan histologi/anatomi dan asal usul munculnya akar pada kalu menunjukkan bahwa kalus yang terbentuk adalah embriogenik.

Kalus yang terbentuk perlu disubkultur lebih lanjut dan diuji daya regenerasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepala Laboratorium Fisiologi dan Kultur Jaringan Treub, Bidang Botani Pusat Penelitian Biologi, LIPI, Bogor

DAFTAR PUSTAKA

Bermawi N, Hadad EA, Martono B, Ajijah N, dan Taryono. 1997. Plasma nutfah dan pemuliaan. Hal 18-31. Dalam Monograf No. 3 : Jahe. D Sitepu, dkk (Penyunting) Balittro. Bogor.

Chang BKW and Criley RA. 1993. Clonal propagation of pink ginger in vitro. HortScience 28(12): 1203.

Dhed`a D, Dumortier F, Panis B, Vuylsteke D dan De Langhe E 1991 Plant regeneration in cell suspension cultures of the cooking banana cv 'Bluggoe' (Musa spp. ABB group). Fruit 46:125-135.

Ganapathi TR, Higgs NS, Balint-Kurti PJ, Arntzen CJ, May GD dan Van Eck JM. 2001. Agrobacterium-mediated transformation of embryogenic cell suspension of the banana cultivar Rasthali (AAB). Plant Cell Report 20:157-162

Gati E dan Mariska I. 1988. Perbanyakan cepat jahe merah melalui teknik kultur jaringan. Bul. Littro Vol. III No. 1. Hal 35-38.

George EF. 1993. Plant Propagation by Tissue Culture, part I. Exegetics Limited, Edington, Wilts, England. 574 p.

Hosoki T and Sagawa Y. 1977. Clonal propagation of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) HortScience 12(5):451-452.

Ikeda LR and Tanabe MJ. 1989. In vitro subculture applications for ginger. HortScience 24(1): 142-143.

Litz RE dan Gray DJ. 1995. Somatic embryogenesis for agricultural improvement. World J Microbiol Biotech 11:416–425

Mukhri Z, Baihaki A dan Soedigdo P. 1985. Kultur jaringan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb., Zingeberaceae) dan studi awal kemungkinan penggunaan mutagen untuk meningkatkan kadar kurkuminnya. Dalam Proseding Simposium Nasional Temulawak. Lembaga Penelitian Univ. Padjadjaran. Hal 167-172.

Novak FJ, Afza R, Van Duren M, Perea-Dallos, Conger BV dan Xiaolang T. 1989. Somatic embryogenesis and plant regeneration in suspension cultures of dessert (AA adn AAA) and cooking (AAB) banana (Musa spp.) Bio/Technology 7:154-159

Nur Ajijah, Budi Martono,. Bermawie N dan Hadad EA. 1997. Botani dan Karakteristik Hal.11-17. Dalam Monograf No.3: Jahe. D Sitepu, dkk (Penyunting). Balittro Bogor.

Purseglove JW, Brown EG, Green CL, and Robbins SRJ. 1981. Spces. Longman Inc., NewYork. Vol. II : 447-527

Rugayah. 1994. Status taksonomi jahe putih dan jahe merah. Floribunda Puslitbang Biologi, LIPI I. (14) : 53-55

Rosmelisa P dan Rini-Pribadi E. 1997. Permintaan dan Penawaran.Hal.153-159.Dalam Monograf No. 3 : Jahe D Sitepu, dkk (Penyunting). Balittro. Bogor.

Rostiana O, Abdullah A, Taryono dan Hadad EA. 1991. Jenis-jenis tanaman jahe. Edisi Khusus Littro VII (I) : 7-10

Shirin F, Kumar and Mishra Y. 2000.In vitro plantlet production system for *Kaempferia galanga*, a rare Indian medicinal herb. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 63:197-197.

Wahjoedi B. 1994. Beberapa data farmakologi dari jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) Warta Perhipba. Perhimpunan Peneliti Obat Alami. Tahun 2 (I): 4-6

Yuliani S dan Yanti L. 1997. Pengembangan untuk fitofarmaka. Dalam: D Sitepu, dkk (Penyunting). Monograf No. 3: Jahe. Balittro. Bogor. Hal 129-135.