

Pengaruh Mutagen Etil Metan Sulfonat Terhadap Regenerasi Tunas Pada Dua Genotip Manggis Asal Purwakarta dan Pandeglang (Effect of Ethyl Methane Sulphonate Mutagent to Shoot Regeneration on Two Genotypes Derived from Purwakarta and Pandeglang)

Qosim, WA, Yuwariah, Y, Hamdani, JS, Rachmadi, M, dan Perdani, SM

Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jln. Raya Bandung Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363

E-mail: waqosim@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 6 Oktober 2014 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 21 November 2014

ABSTRAK. Tanaman manggis termasuk tanaman apomik. Pemuliaan mutasi dapat meningkatkan keragaman genetik pada tanaman manggis. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh pembentukan tunas dua genotip manggis akibat perlakuan beberapa konsentrasi etil metan sulfonat (EMS) yang berbeda. Percobaan dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran sejak bulan September 2012 – Februari 2013. Eksplan manggis yang digunakan adalah biji manggis asal Purwakarta (A) dan Pandeglang (B). Percobaan ditata dalam rancangan acak lengkap (RAL). Konsentrasi EMS terdiri atas 0; 0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2% digunakan sebagai perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regenerasi tunas pada eksplan dua genotip asal Purwakarta dan Pandeglang memiliki respons yang berbeda akibat perlakuan mutagen EMS. Pada perlakuan a_3 (genotip asal Purwakarta pada EMS 0,1%) menghasilkan waktu muncul tunas lebih cepat dan jumlah tunas per eksplan paling tinggi, sedangkan perlakuan b_4 (genotip asal Pandeglang pada perlakuan EMS 0,15%) memiliki nilai paling tinggi pada karakter tinggi tunas. Perlakuan a_3 (genotip asal Purwakarta pada EMS 0,2 %) merupakan perlakuan paling baik pada karakter jumlah pasang daun.

Katakunci: *Garcinia mangostana*; EMS; Regenerasi tunas

ABSTRACT. Mangosteen is one of plant classified as a plant apomicts. Mutation breeding can contribute increasing variability of genetic of mangosteen. The objective of research to study response of two genotypes from Purwakarta and Pandeglang caused by different ethyl methane sulphonate (EMS) concentration treatment for shoot regeneration. The experiment was conducted at Tissue Culture Laboratory, Agriculture Faculty, Padjadjaran University from September 2012 to February 2013. Concentrations of EMS treatment were 0; 0.05; 0.1; 0.15; and 0.2% by soaking the explants for 24 hours. The experiment arranged completely randomize design. Combination of genotypes and different concentration EMS used as treatments. The results showed that effect of EMS mutagenic treatment have different response for shoot regeneration. Treatment of a_3 (genotype from Purwakarta 0.1% EMS) on character of time produced shoot fastest and numbers shoot per explants highest, while treatment of b_4 (genotype from Purwakarta 0.15% EMS) produced shoot length higher than other one. Treatment a_3 (genotype from Purwakarta 0.2% EMS) produced number pair leaf.

Keywords: *Garcinia mangostana*; EMS; Shoot regeneration

Manggis (*Garcinia mangostana* L.) merupakan salah satu komoditas buah tropik asli Indonesia yang disenangi konsumen baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Manggis dikenal sebagai ratunya buah atau *queen of tropical fruit* karena tekstur buah yang menarik dan kelezatan rasanya yang khas (Cox 1976). Selain itu, kulit buah manggis telah lama dimanfaatkan sebagai obat-obatan di antaranya sebagai anti inflamasi (Chen *et al.* 2008), anti bakteri (Chomnawang *et al.* 2009) serta antioksidan (Jung *et al.* 2006).

Produksi manggis nasional mencapai 117.595 t pada tahun 2011 meskipun sempat mengalami penurunan pada tahun 2008 dan 2010. Produktivitas manggis dari tahun 2006 sampai dengan 2011 pun stagnan berkisar 8 t/ha. Namun, volume ekspor manggis dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Terbukti pada tahun 2006 hanya 5.697 t meningkat menjadi 12.603 t pada tahun 2011 dengan nilai 9,9 juta \$US (Rp 94

miliar) dengan pangsa pasar utama adalah Hongkong. Selain itu, manggis asal Indonesia juga diekspor ke Tiongkok, Singapura, Malaysia, dan Timur Tengah (Kementerian Pertanian 2013).

Tanaman manggis termasuk tanaman apomiksis obligat, biji tidak berasal dari hasil fertilisasi tetapi berkembang dari embrio adventif secara aseksual (Sobir & Poerwanto 2007), sehingga diduga memiliki keragaman genetik yang rendah (Cox 1976). Pemuliaan mutasi dapat digunakan untuk tanaman yang mengalami masalah dalam rekombinasi genetik melalui hibridisasi, seperti apomiksis, sterilitas, dan inkompatibilitas (Broertjes & Harten 1988). Pemuliaan mutasi secara nyata dapat meningkatkan keragaman genetik pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif atau apomiksis (Sleper & Poehlman 2006). Pemuliaan tanaman manggis diarahkan untuk mendapatkan sifat pertumbuhan cepat, masa juvenil

pendek, produktivitas tinggi, kualitas buah yang baik, dan tahan terhadap hama dan penyakit (Ramage *et al.* 2004)

Frekuensi mutasi dapat ditingkatkan melalui teknik induksi mutasi. Induksi mutasi digunakan untuk memperbaiki karakter agronomi penting tanaman buah-buahan seperti ukuran tanaman, waktu pemasakan, perubahan warna buah, dan *self compability* (Donini 1982). Teknik induksi mutasi pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif lebih efektif karena dapat mengubah satu atau beberapa karakter tanpa mengubah karakteristik kultivar asalnya (Nagatomi 1996).

Variabilitas baru dan keragaman genetik yang luas dapat ditingkatkan melalui induksi mutasi dengan menggunakan mutagen kimia seperti etil metan sulfonat (EMS). Mutagen tersebut digunakan untuk meningkatkan frekuensi munculnya tanaman mutan. Induksi mutasi pada tanaman dengan EMS dapat menyebabkan mutasi pada DNA tanaman yang akan memberikan pengaruh perubahan morfologi pada tanaman tersebut. Senyawa EMS merupakan senyawa alkil yang berpotensi sebagai mutagen untuk tanaman tingkat tinggi. Dibandingkan dengan mutagen kimia lainnya EMS paling banyak digunakan karena mudah dibeli, murah harganya, dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Harten 1998). Peningkatan keragaman genetik tanaman dengan induksi EMS telah berhasil dilakukan pada berbagai spesies tanaman, seperti tembakau, kubis bunga (Mangal & Sharma 2002), pisang (Roux 2004), dan *Brassica napus* (Schierholt *et al.* 2001).

Penggunaan induksi mutasi dalam kultur *in vitro* pada tanaman manggis dapat dilakukan pada biji atau pucuk pada bibit tanaman. Penelitian bertujuan untuk mengetahui respons tunas dua genotip manggis asal Purwakarta dan Pandeglang terhadap perlakuan beberapa konsentrasi EMS yang berbeda dalam upaya meningkatkan keragaman genetik tanaman manggis.

Hipotesis penelitian adalah (1) mutagen EMS dapat berpengaruh terhadap perubahan genetik manggis asal Purwakarta dan Pandeglang di antaranya kemampuan regenerasi tanaman dan (2) konsentrasi EMS tertentu dapat menghasilkan mutan potensial manggis asal Purwakarta dan Pandeglang yang dapat meningkatkan keragaman genetik manggis.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Percobaan dilakukan sejak bulan September 2012 – Februari 2013 di Laboratorium Kultur Jaringan Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas

Padjadjaran. Bahan yang digunakan adalah biji manggis asal daerah Pandeglang dan Purwakarta, medium dasar MS (Murashige & Skoog 1962), 5 mg/l BA dan 1 mg/l PVP (polivinil pirolidon), alkohol, spirtus, akuades steril, agar, gula, dan EMS.

Prosedur Penelitian

Eksplan yang digunakan berasal dari biji manggis asal daerah Pandeglang dan Purwakarta. Berat biji manggis yang digunakan $\pm 1,5$ g. Biji dibersihkan dari daging buahnya kemudian disterilisasi dengan merendam eksplan dalam larutan bakterisida selama 30 menit, iodine selama 15 menit, alkohol 70% selama 15 menit, *chlorox* 20% selama 15 menit, dan *chlorox* 15% selama 15 menit, masing-masing tahapan sterilisasi dibilas dengan akuades steril sebanyak tiga kali. Selanjutnya biji direndam dalam larutan EMS selama 12 jam dan dibilas dengan akuades steril sebanyak tiga kali kemudian dikeringkan dengan kertas saring steril di dalam cawan petri. Sebelum ditanam, biji dipotong menjadi empat segmen. Segmen biji ditanam pada botol kultur yang telah berisi media MS yang telah ditambahkan 5 mg/l BA dan 1 mg/l PVP. Mutagen yang digunakan adalah EMS dengan konsentrasi 0; 0,05; 0,1; 0,15; dan 0,2%. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan a_1 (genotip asal Purwakarta pada 0% EMS), a_2 (genotip asal Purwakarta pada 0,05% EMS), a_3 (genotip asal Purwakarta pada 0,1% EMS), a_4 (genotip asal Purwakarta pada 0,15% EMS), a_5 (genotip asal Purwakarta pada 0,2% EMS), b_1 (genotip asal Pandeglang pada 0% EMS), b_2 (genotip asal Pandeglang pada 0,05% EMS), b_3 (genotip asal Pandeglang pada 0,1% EMS), b_4 (genotip asal Pandeglang pada 0,15% EMS), dan b_5 (genotip asal Pandeglang pada 0,2% EMS). Eksplan ditanam di dalam botol kultur berisi 20 ml media MS yang dilengkapi + 5 mg/l BA, 1 mg/l PVP, 3% gula pasir, dan 0,8% agar. Setiap perlakuan terdiri atas tiga unit botol kultur, masing-masing botol terdiri atas empat eksplan. Proses pembuatan media kultur diatur pada pH 5,7–5,8 dengan 0,1 M KOH dan diautoklap pada temperatur 121°C dan tekanan 1,1 kg cm² selama 20 menit. Eksplan diinkubasi pada ruang kultur dengan fotoperiodisitas 16 jam terang dengan temperatur $\pm 22^\circ\text{C}$ dan kelembaban relatif $\pm 70\%$. Pengamatan dilakukan terhadap peubah persentase eksplan membentuk tunas, waktu muncul tunas, jumlah tunas per kultur, jumlah tunas per eksplan, tinggi tunas, dan jumlah pasang daun.

Analisis Data

Data peubah ditransformasikan dengan $\sqrt{x + 0,5}$, karena sebaran data 0–10, kecuali persentase jumlah

eksplan membentuk tunas ditransformasikan dengan arcsin \sqrt{x} karena data dalam bentuk persen. Analisis statistik menggunakan uji-F, jika menunjukkan berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji gugus berganda Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari seluruh perlakuan yang diberikan tidak ada satupun eksplan yang mengalami kontaminasi, sedangkan persentase eksplan yang mengalami pencokelatan (*browning*), yaitu 8,3% terdapat pada perlakuan b_1 (genotip asal Pandeglang 0% EMS). Pada segmen biji terbentuk kalus sebesar 16,67% pada perlakuan b_2 (genotip asal Pandeglang 0,05% EMS) dan perlakuan a_3 (genotip asal Purwakarta 0,1% EMS). Terbentuknya kalus pada permukaan eksplan biji manggis karena terjadi pelukaan yang langsung kontak dengan media MS + BA 5 mg/l. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Qosim *et al.* (2007) bahwa kalus manggis yang terbentuk dari segmen biji manggis tidak dapat berorganogenesis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hampir seluruh perlakuan EMS memberikan respons yang berbeda pada eksplan biji manggis untuk membentuk tunas. Waktu eksplan membentuk tunas bervariasi antara 12–28 HST. Berdasarkan hasil uji Duncan

waktu muncul tunas memberikan hasil yang berbeda nyata pada perlakuan a_3 (genotip asal Purwakarta pada 0,1% EMS), perlakuan b_3 (genotip asal Pandeglang pada 0,1% EMS) dan perlakuan b_5 (genotip asal Pandeglang pada 0,2% EMS). Pada perlakuan a_3 (genotip Purwakarta pada 0,1% EMS) waktu muncul tunas paling cepat, yaitu 14,33 hari, sedangkan yang lama muncul tunas adalah perlakuan b_5 (genotip asal Pandeglang pada 0,1% EMS) (Tabel 1).

Terjadinya perbedaan dalam waktu munculnya tunas diduga berhubungan dengan faktor genetik dari genotip maupun penurunan kualitas jaringan setelah perendaman EMS sebagai akibat pengaruh EMS. Perbedaan waktu muncul tunas dapat disebabkan oleh potensi sel dalam jaringan eksplan akibat perlakuan mutagen EMS. Setiap sel meristem yang terdapat dalam eksplan yang digunakan mempunyai potensi untuk membentuk tunas baru, namun pemberian mutagen dapat menyebabkan perubahan fisiologis dari sel-sel tersebut yang perubahannya bergantung dari sensitivitas sel-sel meristem penyusun eksplan tersebut yang menimbulkan perubahan potensi sel di dalam jaringan eksplan untuk membentuk tunas sehingga menimbulkan perbedaan respons eksplan (Evans & Sharp 1981).

Berdasarkan hasil uji Duncan pada karakter jumlah tunas per kultur, terdapat empat kelompok perlakuan

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi EMS terhadap eksplan membentuk tunas, waktu muncul tunas, jumlah tunas per kultur, jumlah tunas per eksplan, panjang tunas, dan jumlah pasang daun (*Effect of EMS concentration for explant produced shoot, times of produced shoot, number of shoot per culture, number of shoot per explants, shoot length, and number of pair leaf*)

Perlakuan (Treatments)	Eksplan membentuk tunas (Explant produced shoot), %	Waktu muncul tunas (Times of produced shoot) Hari (Days)	Jumlah tunas per kultur (Number of shoot per culture)	Jumlah tunas per eksplan (Number of shoot per explants)	Panjang tunas (Shoot length) cm	Jumlah pasang daun (Number of pair leaf)
a_1	90 a	16,67 abc	12,17 abc	6,08 abc	1,38 ab	3,50 b
a_2	90 a	17,33 abc	20,67 a	10,33 a	1,32 ab	4,17 b
a_3	80 ab	14,33 c	12,50 abc	8,22 ab	0,95 b	3,50 b
a_4	90 a	16,50 abc	10,33 bc	5,17 bc	0,97 b	6,33 ab
a_5	70 ab	19,33 ab	5,50 c	3,36 c	0,72 b	7,83 a
b_1	70 ab	17,67 abc	5,83 c	3,08 c	1,17 b	5,67 ab
b_2	60 b	15,33 bc	7,67 bc	5,83 bc	0,98 b	4,00 b
b_3	90 a	19,67 a	15,83 ab	7,92 ab	1,93 a	4,33 b
b_4	90 a	18,33 abc	11,00 bc	5,50 bc	1,20 b	3,50 b
b_5	70 ab	20,17 a	8,67 bc	4,50 bc	1,02 b	5,33 ab

Nilai rerata yang ditandai dengan huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan taraf 5% (*Mean followed by the same letter in the same column are not significant at 5% Duncan multiple range test*)

yang menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata yaitu pada perlakuan a_4 (genotip asal Purwakarta 0,15% EMS), b_2 (genotip asal Pandeglang 0,05% EMS), b_4 (genotip asal Pandeglang 0,15% EMS) dan perlakuan b_5 (genotip asal Pandeglang 0,2% EMS), sedangkan perlakuan a_2 (genotip asal Purwakarta pada 0,05% EMS) memberikan hasil yang paling baik dengan nilai rerata jumlah tunas yang paling tinggi yaitu 20,67. Pada konsentrasi itu, EMS dapat memacu pertumbuhan tunas lebih banyak. Yanti (2007) melaporkan bahwa induksi dengan mutagen EMS 0,2–0,4% selama 2–4 jam pada tunas pisang Raja Sereh menghasilkan jumlah tunas yang bervariasi.

Berdasarkan pengamatan terhadap karakter jumlah tunas per eksplan rerata jumlah paling banyak terdapat pada perlakuan a_3 (genotip asal Purwakarta pada 0,1% EMS) yaitu 10,33 tunas. Perlakuan EMS maupun radiasi dapat menurunkan nilai jumlah tunas, semakin tinggi dosis mutagen semakin rendah jumlah tunas yang terbentuk. Jumlah eksplan membentuk tunas semakin menurun dengan meningkatnya dosis mutagen, kecuali untuk perlakuan eksplan manggis pada perlakuan b_3 (genotip asal Pandeglang pada 0,1% EMS), jumlah tunas justru meningkat dibandingkan dengan konsentrasi dosis yang lebih rendah. Hal ini diduga karena pada perlakuan tersebut EMS dapat memberikan rangsangan yang positif sehingga memacu pertumbuhan tunas pada eksplan biji.

Persentase eksplan membentuk tunas digunakan untuk mengukur kemampuan regenerasi eksplan. Pemberian dosis mutagen yang berbeda pada setiap genotip manggis memberikan respons yang signifikan. Respons eksplan biji terhadap pemberian mutagen EMS pada persentase eksplan membentuk tunas cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi EMS. Rerata persentase eksplan membentuk tunas paling tinggi yaitu 100% pada genotip Pandeglang dengan penambahan EMS masing-masing 0; 0,05; dan 0,15%. Pada perlakuan b_2 (genotip asal Pandeglang pada 0,05% EMS) dan a_3 (genotip Purwakarta pada 0,1% EMS) persentase terbentuknya tunas memiliki nilai paling rendah yaitu 83,3% dan terbentuk juga kalus. Terjadinya perbedaan ini dapat berhubungan erat dengan faktor genetik maupun kualitas jaringan setelah perlakuan EMS itu sendiri. Khawale *et al.* (2007) melaporkan adanya penghambatan EMS terhadap pembentukan tunas pada setek mikro anggur di mana persentase eksplan membentuk tunas semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi EMS yang digunakan.

Tinggi tunas merupakan ukuran tanaman yang sering diamati, baik sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai peubah yang digunakan untuk

mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan. Tinggi tunas bervariasi mulai dari 0,4 cm pada perlakuan a_3 (genotip asal Purwakarta pada 0,15% EMS) sampai dengan 3,2 cm pada perlakuan b_3 (genotip asal Pandeglang pada 0,15% EMS).

Perlakuan b_3 (genotip asal Pandeglang 0,15% EMS) memiliki karakter tinggi tunas yaitu 1,93 cm. Tinggi tunas menurun dengan semakin meningkatnya konsentrasi EMS pada setiap perlakuan. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan mutagen EMS menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Gaul (1977) menyatakan bahwa terhambatnya pertumbuhan tanaman pada generasi M_1 merupakan kerusakan fisiologis akibat mutagen, semakin tinggi dosis mutagen yang digunakan akan semakin besar pula terhambatnya pertumbuhan tanaman pada generasi M_1 . Pada tanaman lain hasil perlakuan mutagen EMS pada generasi M_1 menunjukkan hal yang sama, misalnya pada penurunan tinggi tanaman pada *Vigna sesquipedalis* (Nanda *et al.* 1997).

Selama percobaan ini berlangsung, jumlah daun yang paling banyak terdapat pada perlakuan a_5 (genotip asal Purwakarta pada 0,2% EMS). Terhambatnya pertumbuhan daun akibat perlakuan mutagen EMS merupakan pengaruh fisiologis dan genetis pada generasi M_1 . Pengaruh fisiologis pada generasi pertama dapat dijelaskan dengan sifat mutagen EMS. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan lainnya sampai pada masa pengamatan lebih banyak menghasilkan tunas dan perkembangan tunas menjadi daun pada setiap planlet membutuhkan waktu yang berbeda. Etil metan sulfonat merupakan senyawa alkil yang berpotensi sebagai mutagen untuk tanaman tingkat tinggi dibandingkan dengan mutagen kimia lainnya. Etil metan sulfonat paling banyak digunakan karena mudah dibeli, murah harganya, dan tidak bersifat mutagenik setelah terhidrolisis (Harten 1998). Peningkatan keragaman genetika tanaman dengan induksi EMS telah berhasil dilakukan pada berbagai spesies tanaman seperti tembakau, *Arabidopsis*, kubis bunga, pisang, dan kenaf. Penggunaan EMS dapat menyebabkan terjadinya transisi pasangan basa guanin-citosin (GC) menjadi adenin-timin (AT) (Harten 1998). Menurut Fisben *et al.* (1970), EMS ialah sejenis mutagen kimiawi penyebab alkilasi yang efektif menginduksi mutasi berbagai jenis organisme. Mutagen kimia dapat menyebabkan metilasi pada basa-basa nitrogen dalam rantai nukleotida DNA tanaman. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh EMS dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan letalitas/kematian. Mutagen EMS dapat menyebabkan metilasi dalam rantai nukleotida. Proses metilasi mengakibatkan basa-basa molekul DNA salah berpasangan selama replikasi. Dalam kondisi normal, guanin (G) akan berpasangan dengan sitosin (C),

apabila guanin mengalami metilasi akibat mutagen EMS maka akan membentuk basa abnormal, yaitu etilguanin. Enzim DNA polimerasi akan mengenali etilguanin menjadi timin yang akan berpasangan dengan adenin.

Induksi mutasi dengan menggunakan EMS yang menyebabkan terjadinya mutasi pada DNA suatu tanaman akan memberikan pengaruh morfologi pada tanaman tersebut. Induksi dengan menggunakan beberapa konsentrasi EMS merupakan salah satu cara untuk dapat menghasilkan variabilitas genetik tanaman (Jabeen & Mirza 2004). Pada tanaman hias, ini sangat menguntungkan karena yang diharapkan adalah menghasilkan suatu bentuk morfologi tanaman yang berbeda dari tetuanya sehingga diharapkan dari hasil induksi akan diperoleh tanaman yang beraneka ragam. Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa EMS telah terbukti dapat menghasilkan mutan antara lain daun variegata pada *Arabidopsis* (Sakamoto et al. 2002).

Dalam pemuliaan mutasi pada umumnya frekuensi mutasi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi mutagen kimia, meskipun survival dan kemampuan eksplan untuk beregenerasi menurun (Bhagwat & Duncan 1998). Harten (1998) menyatakan konsentrasi rendah akan menstimulasi perubahan fisiologi tanaman dan pada saat ini perlakuan dosis/konsentrasi rendah banyak digunakan untuk peningkatan perkecambah dan peningkatan hasil tanaman.

Pada tanaman mutagen EMS biasanya menyebabkan mutasi titik. Induksi mutasi dengan mutagen EMS dapat menyebabkan tanaman lebih cepat berbunga (genjah) dan toleran terhadap herbisida pada kedelai dan mandul jantan pada gandum. Mutagen EMS dapat menyebabkan variasi fenotipik pada kentang seperti bentuk daun dan ukuran buah (Jabeen & Mirza 2004). Giriya & Dhanarel (2009) menyatakan bahwa EMS banyak digunakan untuk pengembangan pemuliaan tanaman dan lebih efektif dalam perubahan di dalam struktur gen dan mutasi titik (*point mutation*). Pada konsentrasi EMS *in vitro* dapat meningkatkan induksi kalus dan produksi biomasa serta kandungan GA₃ untuk memperpanjang tunas (Junaid et al. 2008).

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pertumbuhan eksplan manggis yang diinduksi dengan mutagen EMS memiliki respons yang berbeda pada setiap perlakuan.
2. Perlakuan a₂ (genotip asal Purwakarta pada 0,05% EMS) memberikan hasil yang paling baik dengan nilai rerata jumlah tunas yang paling tinggi pada karakter jumlah tunas per kultur.

3. Perlakuan b₄ (genotip asal Pandeglang pada 0,15% EMS) memiliki nilai rerata paling tinggi pada karakter tinggi tunas.
4. Perlakuan a₄ (genotip asal Purwakarta pada 0,2% EMS) merupakan perlakuan paling baik dalam karakter jumlah pasang daun.
5. Genotip mutan yang terbentuk disarankan untuk dideteksi dengan marka molekuler atau sitologi untuk mengkonfirmasi perubahan genetiknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi melalui hibah penelitian unggulan perguruan tinggi (PUPT) tahun anggaran 2013 atas dukungan finansial serta semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bhagwat, B & Duncan, EJ 1998, 'Mutation breeding of highgate (*Musa acuminata*, AAA) for tolerance to *Fusarium oxysporum* sp. cubense using gamma irradiation', *J. Euphytica*, vol. 101, pp.143-50.
2. Broertjes, C & van Harten, AM 1988, 'Application of mutation breeding method', in Abbot, AJ & Atkin, RK (eds.), *Improving vegetatively propagated crops*, Academic Press, Harcourt Brace Jovanovic Publisher, London, pp. 337-47.
3. Chen, LG, Yang, LL & Wang, CC 2008, 'Antiinflammatory activity of mangosteen from *Garcinia mangostana*', *Food Chem Toxicol*, vol. 46, pp. 688-93.
4. Chomnawang, MT, Surassmo, S, Wongsariya, K & Bunyaphatsara, N 2009, 'Antibacterial activity of Thai medicinal plants against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*', *Fitoterapia*, vol. 80, no. 2, pp. 102-4.
5. Cox, JEK 1976, '*Garcinia mangostana*, mangosteen', in Gardner, RJ & Chaudari, SA (eds.), *The propagation of tropical fruits trees*, Anthony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, England.
6. Donini, B 1982, 'Mutagenesis applied to improve fruit trees: Techniques, methods, and evaluation of radiation induced mutation', in *Induced mutation in vegetatively propagated plants II*, IAEA, Vienna.
7. Evans, DA & Sharp, WR 1981, 'Growth and behaviour of cell cultures: Embryogenesis and organogenesis', in Thorpe, TA (ed.), *Plant tissue culture: Methods and application in agriculture*, Academic Press, New York, pp. 45-113.
8. Fisben L, Flamm, WG & Falk HL 1970, *Chemical mutagen: Environmental effect on biological system*, Academic Press, New York.
9. Gaul, H 1977, 'Mutagen effect in the first generation after seed treatment: Plant injury and lethality', in *Manual on mutation breeding (second edition)*, IAEA, Vienna, pp. 87-90.

10. Girija, M & Dhanavel, D 2009, 'Mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays ethyl methane sulphonate and their combined treatments in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp)', *Glob. J. of Mol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 68-75.
11. Harten, V 1998, *Mutation breeding, theory and practical application*, Cambridge University Press, London.
12. Jabeen, N & Mirza, B 2004, 'Ethyl methane sulfonate induces morphological mutations in *Capsicum annum*', *Int. J. Agri. Biol.*, vol. 6, no. 2, pp. 340-5.
13. Junaid, AM & Sharma, MP 2008, 'Effect of growth regulators and ethyl methane sulphonate on growth, and chlorophyll, sugar, and proline contents in *Dracaena sanderiana* cultured *in vitro*', *Biol. Plantarum*, vol. 52, no. 3, pp. 569-72.
14. Jung, HA, Su, BN, Keller, WJ, Mehta, RG & Kinghorn, AD 2006, 'Antioxidant xanthones from the pericarp of *Garcinia mangostana* (mangosteen)', *J. Agric. Food Chem.*, vol. 54, no. 6, pp. 2077-82.
15. Kementerian Pertanian 2013, *Ekspor hortikultura Indonesia: Nilai dan volume ekspor buah-buahan*, diunduh 21 April 2013, <<http://deptan.go.id>>.
16. Khawale, Namdeo, R, Singh, V & Kumar, S 2007, 'Molecular marker-assisted selection of *in vitro* chemical mutagen induced grapevine mutant', *Cur. Sci.*, vol. 92, no. 8, pp. 1056-7.
17. Mangal, M & Sharma, DR 2002, 'In vitro mutagenesis and cell selection for the induction of black rot resistance in cauliflower', *J. Hort. Sci. Biotech.*, vol. 77, pp. 268-72.
18. Murashige, T & Skoog, F 1962, 'A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture', *J. Phys. Plant.*, vol. 15, pp. 473-9.
19. Nagatomi, S 1996, 'Application of irradiation *in vitro* techniques on induced mutation in horticultural crops', *Proceeding Seminar on Mutation Breeding, In Horticultural Crops for Regional Nuclear Cooperation in Asia*, 3-10 November 1996, Bangkok, Thailand.
20. Nanda, SN, Sahu, A, Panda, JM & Senapati, N 1997, 'Effect of ethyl methane sulphonate (EMS) on asparagus bean (*Vigna sesquipedalis*)', *ACIAR-Food Leg. Newslett*, vol. 25, pp 6-8.
21. Qosim, WA, Poerwanto, R, Wattimena, GA & Witjaksono 2007, 'Pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap kapasitas regenerasi kalus nodular tanaman manggis', *J. of Biosci. Hayati*, vol. 14 no. 4, pp. 140-4.
22. Ramage, CM, Sando, L, Peace, CP, Carroll, BJ & Drew, RA 2004, 'Genetic diversity revealed in the apomictic fruit species *Garcinia mangostana* L. (mangosteen)', *J. Euphytica*, vol. 136, pp. 1-10.
23. Roux, NS 2004, 'Mutation induction in Musa – a review', in Jain, SM & Swennen, R (eds.), *Banana improvement: Cellular, molecular biology and induced mutations*, *Enfield. Sci. Pub. Inc.*, pp. 21-9.
24. Sakamoto, W, Tamura, T, Hanba-tomita, Y, Sodmergen & Murata, M 2002, 'The var 1 locus of Arabidopsis encode a chloroplastic FtsH and its responsible for leaf variegation in mutant alleles', *Gene to Cell.*, vol. 7, pp. 769-80.
25. Schierholt, A, Rucker, B & Becker, HC 2001, 'Inheritance of high oleic acid mutations in winter oil seed rape (*Brassica napus* L.)', *J. Crop Sci.*, vol. 41, pp. 1444-49.
26. Sleper, DA & Poehlman, JM 2006, *Breeding field crops*, 5th ed, Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa.
27. Sobir & Poerwanto, R 2007, 'Mangosteen genetic and improvement', *Intl. J. Plant Breed.*, vol. 1, no. 2, pp. 105-11.
28. Yanti, Y, Habazar, T, Manssyurdin & Mardinus 2007, 'Variasi morfologi planlet pisang Raja Sereh dengan perlakuan mutagen ethyl methane sulfonate secara *in vitro*', *Akta Agrosia*, vol. 10, hlm. 23-30.