

MUTAGENESIS *IN VITRO* DAN EVALUASI FITOKIMIA PADA MUTAN PUTATIF *Portulaca grandiflora* HASIL PERLAKUAN ETIL METAN SULFONAT

LANI HARDIANY



PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Mutagenesis *In Vitro* dan Evaluasi Fitokimia pada Mutan Putatif *Portulaca grandiflora* Hasil Perlakuan Etil Metan Sulfonat” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Lani Hardiany
A2503232046

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

LANI HARDIANY. Mutagenesis *In vitro* dan Evaluasi Fitokimia pada Mutan Putatif *Portulaca grandiflora* Hasil Perlakuan Etil Metan Sulfonat. Dibimbing oleh SYARIFAH IIS AISYAH, DINY DINARTI, dan WARAS NURCHOLIS.

Portulaca grandiflora merupakan tanaman hias sukulen yang memiliki nilai estetika tinggi sekaligus berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif, seperti flavonoid, betalain, dan asam fenolat yang berkhasiat sebagai antioksidan. Pengembangan kultivar baru pada tanaman ini masih menghadapi kendala karena perbanyakan umumnya dilakukan secara vegetatif, sehingga keragaman genetik yang dihasilkan relatif rendah. Mutagenesis *in vitro* menggunakan etil metan sulfonat (EMS) melalui sistem mikropropagasi yang efisien merupakan salah satu pendekatan yang berpotensi meningkatkan keragaman genetik serta menghasilkan mutan dengan karakter unggul tanpa mengubah sifat-sifat utama kultivar asal. Selain menghasilkan keragaman fenotipik, mutagenesis juga berpotensi memengaruhi biosintesis metabolit sekunder sehingga evaluasi kandungan fitokimia diperlukan untuk mengidentifikasi perubahan senyawa bioaktif yang dihasilkan.

Informasi mengenai sistem mikropropagasi, mutagenesis *in vitro* menggunakan EMS, serta perubahan kandungan fitokimia pada *P. grandiflora* hasil perlakuan EMS masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem mikropropagasi yang efisien sebagai dasar regenerasi tanaman setelah perlakuan mutagen, menentukan nilai LC_{50} EMS sebagai acuan mutagenesis *in vitro*, mengevaluasi keragaman fenotipik dan heritabilitas mutan putatif yang dihasilkan, serta menganalisis perubahan kadar total fenolik dan flavonoid serta kapasitas antioksidan untuk menilai potensi peningkatan kandungan fitokimia akibat perlakuan EMS.

Penelitian ini terdiri dari tiga percobaan yang saling berkaitan. Percobaan pertama bertujuan memperoleh sistem mikropropagasi *in vitro* yang efisien sebagai dasar regenerasi *Portulaca grandiflora*. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial pada tahap multiplikasi dan pengakaran, serta RAL satu faktor pada tahap elongasi dan aklimatisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media MS yang diperkaya 13,32 μ M BAP dan 0,57 μ M IAA merupakan media multiplikasi terbaik dengan menghasilkan rata-rata 6,1 tunas per eksplan atau 2,35 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol selama 8 Minggu Setelah Tanam (MST). Pada tahap elongasi, media MS penuh menghasilkan pertambahan tinggi tanaman tertinggi, yaitu 0,89 cm selama 6 MST. Pada tahap pengakaran, media MS + 30 g L^{-1} gula + 9,84 μ M IBA menghasilkan jumlah akar terbanyak, yaitu 75 akar atau 1,14 kali lebih banyak dibandingkan kontrol pada 4 MST. Pada tahap aklimatisasi, media campuran tanah : arang sekam : pupuk kandang (1:1:1) menghasilkan pertambahan jumlah daun tertinggi (28,86 daun; 4 MSA), sedangkan media campuran tanah: arang sekam: cocopeat: kompos menghasilkan diameter stomata 1,12 kali lebih besar dibandingkan media kontrol dan 1,16 kali lebih besar dibandingkan kondisi *in vitro* pada 1 Minggu Setelah Aklimatisasi (MSA).

Percobaan kedua bertujuan menentukan nilai LC_{50} EMS serta mengevaluasi keragaman fenotipik, perubahan morfologi, dan heritabilitas mutan putatif *P. grandiflora*. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial

dengan dua faktor, yaitu konsentrasi EMS (0, 2, 3, dan 4%) dan lama perendaman (0,5; 1; dan 2 jam). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai LC_{50} EMS sebesar 3,9%. Perlakuan EMS 4% selama 2 jam menghasilkan jumlah tunas tertinggi (2,97 tunas) dan tinggi tanaman tertinggi (2,64 cm). Perlakuan EMS 4% selama 1 jam menghasilkan keragaman fenotipik tertinggi, ditunjukkan oleh munculnya individu pencilan dengan pertambahan jumlah tunas, jumlah daun, dan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan sebagian besar populasi, serta memiliki koefisien keragaman yang relatif tinggi pada variabel pertambahan jumlah tunas (121,31%) dan jumlah daun (116,60%). Perlakuan ini juga menghasilkan kerapatan stomata tertinggi (152,63 stomata mm^{-2}) sebesar 2,12 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol (71,93 stomata mm^{-2}), dengan koefisien keragaman sebesar 31,03%, lebih tinggi dibandingkan kontrol (4,22%). EMS juga menghasilkan variasi morfologi berupa perubahan pola percabangan, bentuk tajuk, warna batang, serta munculnya indikasi kimera sektoral dan kimera meriklinal. Pendugaan parameter genetik menunjukkan bahwa karakter tinggi tanaman memiliki heritabilitas tinggi (65,17%).

Percobaan ketiga bertujuan mengevaluasi perubahan kandungan fitokimia mutan putatif *P. grandiflora* hasil perlakuan EMS. Percobaan menggunakan RAL satu faktor yang terdiri atas 12 kombinasi perlakuan EMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan EMS tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar fenolik total (TPC) maupun kapasitas antioksidan berdasarkan metode DPPH, tetapi konsentrasi EMS tinggi (3-4%) meningkatkan kadar flavonoid total (TFC) menjadi 0,61–0,66 mg QE g^{-1} FW, atau 1,53–1,65 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol (0,40 mg QE g^{-1} FW). Perlakuan EMS 4% selama 2 jam menghasilkan kapasitas antioksidan FRAP tertinggi sebesar 0,96 μmol TE g^{-1} FW, atau 5,05 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol. Perlakuan EMS 4% selama 1 jam menghasilkan keragaman fenotipik tertinggi sekaligus meningkatkan kapasitas antioksidan berdasarkan metode FRAP menjadi 0,92 μmol TE g^{-1} FW (4,84 kali kontrol), CUPRAC menjadi 2,07 μmol TE g^{-1} FW (1,15 kali kontrol), dan ABTS menjadi 2,29 μmol TE g^{-1} FW (2,20 kali kontrol). Analisis korelasi menunjukkan bahwa kadar flavonoid total berkorelasi cukup kuat dengan kapasitas antioksidan FRAP dan CUPRAC, berkorelasi lemah dengan ABTS, serta tidak berkorelasi nyata dengan DPPH.

Mutagenesis *in vitro* menggunakan EMS merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan keragaman fenotipe pada *P. grandiflora*. Perlakuan EMS 4% selama 1 jam yang merupakan batas toleransi tertinggi eksplan terhadap EMS, serta EMS 4% selama 2 jam yang mendekati nilai LC_{50} , menghasilkan mutan putatif *P. grandiflora* dengan variasi karakter agronomis dan kualitas fitokimia yang meningkat. Kedua perlakuan tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber keragaman genetik untuk seleksi pada generasi berikutnya dalam program pemuliaan tanaman *P. grandiflora*.

Kata kunci: antioksidan, fenolik, flavonoid, keragaman genetik, mikropropagasi



SUMMARY

LANI HARDIANY. *In vitro* Mutagenesis and Phytochemical Evaluation of Putative *Portulaca grandiflora* Mutants Induced by Ethyl Methanesulfonate. Supervised by SYARIFAH IIS AISYAH, DINY DINARTI, and WARAS MURCHOLIS.

Portulaca grandiflora is a succulent ornamental plant with high aesthetic value and potential as a source of bioactive compounds, including flavonoids, betalains, and phenolic acids with antioxidant properties. The development of new cultivars of this species remains challenging because propagation is generally performed vegetatively, resulting in relatively low genetic variation. *In vitro* mutagenesis using ethyl methanesulfonate (EMS), supported by an efficient micropropagation system, is a promising approach for increasing genetic variation and generating mutants with desirable traits without altering the major characteristics of the original cultivar. In addition to inducing phenotypic variation, mutagenesis may affect secondary metabolite biosynthesis; therefore, phytochemical evaluation is required to identify changes in the resulting bioactive compounds.

Information on micropropagation systems, *in vitro* mutagenesis using EMS, and changes in the phytochemical composition of EMS-treated *P. grandiflora* remains limited. This study aimed to develop an efficient micropropagation system as a basis for plant regeneration following mutagen treatment, determine the EMS LC₅₀ as a reference for *in vitro* mutagenesis, evaluate the phenotypic variation and heritability of the resulting putative mutants, and analyze changes in total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity to assess the potential enhancement of phytochemical properties induced by EMS treatment.

This study consisted of three interrelated experiments. The first experiment aimed to establish an efficient *in vitro* micropropagation system as a basis for the regeneration of *P. grandiflora*. A factorial completely randomized design (CRD) was used for the multiplication and rooting stages, whereas a one-factor CRD was used for the elongation and acclimatization stages. The results showed that MS medium supplemented with 13,32 μM BAP and 0,57 μM IAA was the best multiplication medium, producing an average of 6,1 shoots per explant, which was 2,35-fold higher than the control at 8 weeks after culture (WAC). During the elongation stage, full-strength MS medium resulted in the greatest increase in plant height, reaching 0,89 cm at 6 WAC. During the rooting stage, MS medium supplemented with 30 g L⁻¹ sucrose and 9,84 μM IBA produced the highest number of roots, with 75 roots, or 1,14-fold more than the control, at 4 WAC. During acclimatization, a mixture of soil, rice-husk charcoal, and manure (1:1:1) resulted in the greatest increase in leaf number (28,86 leaves), whereas a mixture of soil, rice-husk charcoal, cocopeat, and compost resulted in a stomatal diameter that was 1,12-fold greater than that of the control medium and 1,16-fold greater than that under *in vitro* conditions at 4 weeks after acclimatization (WAA).

The second experiment aimed to determine the EMS LC₅₀ and evaluate phenotypic variation, morphological changes, and heritability in putative *P. grandiflora* mutants. A factorial completely randomized design (CRD) with two factors was used: EMS concentration (0, 2, 3, and 4%) and exposure duration (0,5;

1; and 2 hour). The results showed that the EMS LC_{50} was 3,9%. Treatment with 4% EMS for 2 hour resulted in the highest shoot number (2,97 shoots) and plant height (2,64 cm). Treatment with 4% EMS for 1 h produced the greatest phenotypic variation, as indicated by the occurrence of outlier individuals with greater increases in shoot number, leaf number, and plant height than most of the population, as well as relatively high coefficients of variation for increases in shoot number (121,31%) and leaf number (116,6%). This treatment also resulted in the highest stomatal density (152,63 stomata mm^{-2}), which was 2,12-fold higher than that of the control (71,93 stomata mm^{-2}), with a coefficient of variation of 31.03%, compared with 4,22% in the control. Mutagenesis also induced morphological variation, including changes in branching pattern, canopy architecture, and stem color, as well as indications of sectorial and mericlinal chimeras. Estimation of genetic parameters showed that plant height exhibited high heritability (65,17%).

The third experiment aimed to evaluate changes in the phytochemical composition of putative *P. grandiflora* mutants resulting from EMS treatment. A one-factor CRD consisting of 12 EMS treatment combinations was used. The results showed that EMS treatment had no significant effect on total phenolic content (TPC) or antioxidant capacity measured using the DPPH assay. However, high EMS concentrations (3–4%) increased total flavonoid content (TFC) to 0,61–0,66 mg QE g^{-1} FW, representing a 1,53–1,65-fold increase compared with the control (0,40 mg QE g^{-1} FW). Treatment with 4% EMS for 2 hour resulted in the highest FRAP antioxidant capacity of 0,96 μmol TE g^{-1} FW, which was 5,05-fold higher than that of the control. Treatment with 4% EMS for 1 h produced the greatest phenotypic variation while also increasing antioxidant capacity, with FRAP reaching 0,92 μmol TE g^{-1} FW (4.84-fold higher than the control), CUPRAC reaching 2,07 μmol TE g^{-1} FW (1.15-fold higher than the control), and ABTS reaching 2,29 μmol TE g^{-1} FW (2.20-fold higher than the control). Correlation analysis showed that total flavonoid content was moderately strongly correlated with FRAP and CUPRAC antioxidant capacities, weakly correlated with ABTS antioxidant capacity, and not significantly correlated with DPPH antioxidant capacity.

In vitro mutagenesis using EMS is an effective approach for increasing genetic variation in *P. grandiflora*. Treatment with 4% EMS for 1 h, which represented the highest tolerance limit of the explants to EMS, and treatment with 4% EMS for 2 hour, which was close to the LC_{50} , generated putative *P. grandiflora* mutants with increased variation in agronomic traits and enhanced phytochemical properties. These two treatments have potential as sources of genetic variation for selection in subsequent generations in *P. grandiflora* breeding programs.

Keywords: antioxidants, phenolics, flavonoids, genetic variation, micropropagation



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



MUTAGENESIS *IN VITRO* DAN EVALUASI FITOKIMIA PADA MUTAN PUTATIF *Portulaca grandiflora* HASIL PERLAKUAN ETIL METAN SULFONAT

LANI HARDIANY

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman

**PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Dr. Ir. Megayani Sri Rahayu, M.S.
- 2 Prof. Dr. Desta Wirnas, S.P., M.Si.



IPB University
— Bogor Indonesia —

Perpustakaan IPB University



Judul Tesis : Mutagenesis *In vitro* dan Evaluasi Fitokimia pada Mutan Putatif
Portulaca grandiflora Hasil Perlakuan Etil Metan Sulfonat

Nama : Lani Hardiany
NIM : A2503232046

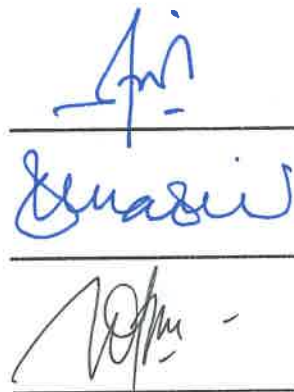
@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Syarifah Iis Aisyah, M.Sc.Agr.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Waras Nurcholis, S.Si., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Desta Wirnas, S.P., M.Si.
NIP 197012282000032001

Dekan Fakultas Pertanian :
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP 196902121992031003



Tanggal Ujian:
10 Agustus 2026

Tanggal Lulus: 12 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan April 2026 ini ialah Pengembangan keragaman genetik tanaman hias melalui mutagenesis *in vitro*, dengan judul “Mutagenesis *In vitro* dan Evaluasi Fitokimia pada Mutan Putatif *Portulaca grandiflora* Hasil Perlakuan Etil Metan Sulfonat”. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Syarifah Iis Aisyah, M.Sc.Agr., Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si, dan Prof. Dr. Waras Nurcholis, S.Si., M.Si selaku komisi pembimbing yang telah berdedikasi memberikan pembimbingan, arahan, saran, serta motivasi selama proses studi sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Dr. Ir. Megayani Sri Rahayu, M.S., selaku penguji luar komisi yang telah memberikan saran dan koreksi yang konstruktif selama proses ujian sehingga kualitas karya ilmiah ini dapat disempurnakan.
3. Prof. Dr. Desta Wirmas, S.P., M.Si., selaku perwakilan Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman atas saran dan dukungan yang diberikan sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Keluarga tercinta atas doa, cinta, kasih sayang, kesabaran, serta dukungan yang tidak pernah putus selama perjalanan studi hingga tesis ini dapat diselesaikan.
5. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman (PBT) angkatan Genap Tahun Akademik 2023/2024 atas kebersamaan, dukungan, bantuan dalam kegiatan akademik dan penelitian, serta semangat yang diberikan selama menempuh studi.
6. Para laboran dan rekan laboratorium di Laboratorium Kultur Jaringan 1, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University, serta Laboratorium Penelitian Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), IPB University, atas bantuan, bimbingan teknis, dan kerja sama yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.
7. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) selaku institusi tempat penulis bekerja atas kesempatan, dukungan, dan izin tugas belajar yang diberikan selama penulis menempuh studi, serta kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas beasiswa yang telah mendukung penyelesaian studi magister dan penelitian ini.
8. Seluruh pihak yang terlibat, yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan selama penyusunan tesis ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Lani Hardiany



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Hipotesis Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Portulaca grandiflora</i> Hook.	4
2.2 Mikropropagasi <i>In vitro</i>	5
2.3 Mutagenesis <i>In vitro</i>	8
2.4 Evaluasi Fitokimia pada <i>Portulaca grandiflora</i>	9
III MIKROPROPAGASI <i>Portulaca grandiflora</i> IN VITRO	13
3.1 Abstrak	13
3.2 Pendahuluan	14
3.3 Metode Penelitian	15
3.4 Hasil dan Pembahasan	20
3.5 Simpulan	30
IV MUTAGENESIS <i>Portulaca grandiflora</i> IN VITRO MENGGUNAKAN ETIL METAN SULFONAT	31
4.1 Abstrak	31
4.2 Pendahuluan	32
4.3 Metode Penelitian	33
4.4 Hasil dan Pembahasan	35
4.5 Simpulan	59
V EVALUASI KANDUNGAN FITOKIMIA <i>Portulaca grandiflora</i> HASIL PERLAKUAN EMS	60
5.1 Abstrak	60
5.2 Pendahuluan	61
5.3 Metode Penelitian	62
5.4 Hasil dan Pembahasan	64
5.5 Simpulan	73
VI PEMBAHASAN UMUM	74
VII SIMPULAN DAN SARAN	80
7.1 Simpulan	80
7.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
RIWAYAT HIDUP	93



DAFTAR TABEL

1	Kombinasi BAP dan IAA (μM) pada media perlakuan multiplikasi tunas <i>Portulaca grandiflora in vitro</i>	17
2	Kombinasi gula pasir (gL^{-1}) dan IBA (μM) pada media perlakuan pengakaran <i>Portulaca grandiflora in vitro</i>	18
3	Komposisi media perlakuan aklimatisasi <i>Portulaca grandiflora in vitro</i>	19
4	Respon pertumbuhan <i>P. grandiflora in vitro</i> tahap multiplikasi tunas pada variabel yang menunjukkan interaksi nyata terhadap kombinasi konsentrasi BAP dan IAA (μM) pada 8 MST	21
5	Respon pertumbuhan <i>P. grandiflora in vitro</i> tahap multiplikasi tunas pada variabel yang tidak menunjukkan interaksi nyata terhadap kombinasi konsentrasi BAP dan IAA (μM) pada 8 MST	22
6	Respon pertumbuhan <i>P. grandiflora in vitro</i> tahap elongasi pada berbagai variabel pengamatan (6 MST) terhadap perlakuan media elongasi	25
7	Respon pertumbuhan <i>P. grandiflora in vitro</i> tahap pengakaran pada berbagai variabel pengamatan (4 MST) terhadap perlakuan media induksi akar	27
8	Respon pertumbuhan <i>P. grandiflora in vitro</i> tahap aklimatisasi pada berbagai variabel pengamatan (4 MSA) terhadap perlakuan media aklimatisasi	28
9	Kombinasi konsentrasi EMS (%) dan waktu perendaman (jam) pada mutagenesis <i>Portulaca grandiflora in vitro</i>	34
10	Persamaan regresi untuk penentuan nilai LC_{50} pada <i>P. grandiflora</i>	35
11	Regenerasi dan multiplikasi tunas <i>P. grandiflora</i> hasil mutasi generasi M_1V_1	37
12	Interaksi perlakuan konsentrasi EMS (%) dan lama perendaman (jam) terhadap regenerasi dan multiplikasi tunas <i>P. grandiflora</i> hasil mutasi generasi M_1V_1	38
13	Rata-rata dan koefisien keragaman jumlah tunas, jumlah daun, dan tinggi tanaman <i>P. grandiflora in vitro</i> hasil perlakuan EMS generasi M_1V_2	42
14	Rata-rata dan koefisien keragaman kerapatan dan diameter stomata <i>P. grandiflora in vitro</i> hasil perlakuan EMS generasi M_1V_2	45
15	Nilai duga komponen ragam dan heritabilitas setiap karakter pada generasi M_1V_2 <i>Portulaca grandiflora</i>	49
16	Keragaman morfologi representatif pada mutan putatif <i>P. grandiflora</i> hasil mutagenesis EMS	51
17	Kadar fenolik dan flavonoid total serta kapasitas antioksidan mutan putatif <i>P. grandiflora in vitro</i> generasi M_1V_2 hasil perlakuan EMS	64
18	Interpretasi konvensional kekuatan koefisien korelasi Pearson (r)	69

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian studi mutagenesis <i>in vitro</i> dan evaluasi fitokimia pada mutan putatif <i>Portulaca grandiflora</i> hasil perlakuan EMS	3
2	Tanaman <i>Portulaca grandiflora</i> Hook. (a) Bentuk bunga (GBIF 2023), (b) Pola percabangan (Zimmerman 1977)	5
3	Tahapan regenerasi <i>Portulaca grandiflora</i> melalui organogenesis tidak langsung pada media induksi: (a) pembentukan kalus awal, (b) perkembangan kalus, (c) kalus yang mulai membentuk bakal tunas, dan (d) regenerasi tunas adventif.	23
4	Multiplikasi tunas <i>P. grandiflora</i> hasil perlakuan (A) media kontrol dan (B) media MS + 13,32 μM BAP + 0,57 μM IAA pada 0 sampai 8 MST	24
5	Keragaan tinggi tanaman <i>P. grandiflora</i> hasil perlakuan media elongasi (a) MS0, (b) 1/2 MS, dan (c) 1/2 MS + 5,77 μM GA ₃	26
6	Keragaan perakaran <i>P. grandiflora</i> hasil perlakuan media induksi akar MS0 dengan penambahan: (a) 10 g L ⁻¹ gula, (b) 20 g L ⁻¹ gula, (c) 30 g L ⁻¹ gula, (d) 10 g L ⁻¹ gula + 4,92 μM IBA, (e) 20 g L ⁻¹ gula + 4,92 μM IBA, (f) 30 g L ⁻¹ gula + 4,92 μM IBA, (g) 10 g L ⁻¹ gula + 9,84 μM IBA, (h) 20 g L ⁻¹ gula + 9,84 μM IBA, (i) 30 g L ⁻¹ + 9,84 μM IBA	27
7	Keragaan planlet <i>P. grandiflora</i> (4 MSA) hasil perlakuan media aklimatisasi (a) tanah (kontrol), (b) tanah: arang sekam: pupuk kandang (1:1:1), (c) sekam, (d) tanah: arang sekam: cocopeat: kompos (1:1:1:1)	29
8	Keragaan stomata <i>P. grandiflora</i> (a) <i>in vitro</i> dan hasil perlakuan media aklimatisasi (1 MSA) (b) tanah, (c) tanah: arang sekam: pupuk kandang (1:1:1), (d) sekam, (e) tanah: arang sekam: cocopeat: kompos (1:1:1:1)	30
9	Kurva kuadratik antara konsentrasi EMS (%) dan persentase eksplan hidup (%) pada <i>P. grandiflora in vitro</i>	36
10	Keragaan eksplan <i>P. grandiflora</i> setelah perlakuan mutagen EMS pada 4 Minggu Setelah Perlakuan (A) eksplan mati dan (B) eksplan hidup, skala 1 cm	36
11	Diagram boxplot sebaran populasi <i>P. grandiflora</i> generasi M ₁ V ₂ hasil 12 kombinasi perlakuan persentase EMS (%) dan lama perendaman (jam) pada variabel : (A) Jumlah tunas, (B) Jumlah daun, (C) Tinggi tanaman (cm). T1: EMS 0% 0,5 jam, T2: EMS 0% 1 jam, T3: EMS 0% 2 jam, T4: EMS 2% 0,5 jam, T5: EMS 2% 1 jam, T6: EMS 2% 2 jam, T7: EMS 3% 0,5 jam, T8: EMS 3% 1 jam, T9: EMS 3% 2 jam, T10: EMS 4% 0,5 jam, T11: EMS 4% 1 jam, T12: EMS 4% 2 jam	41
12	Keragaman karakter stomata <i>Portulaca grandiflora</i> generasi M ₁ V ₂ pada berbagai perlakuan EMS. (A) Kerapatan stomata dan (B) diameter stomata. Garis horizontal di dalam kotak menunjukkan median, simbol wajik menunjukkan nilai rata-rata, sedangkan kotak menunjukkan rentang sebaran data pengamatan. T1–T12 menunjukkan perlakuan yang berbeda. T1: EMS 0% 0,5 jam, T2: EMS 0% 1 jam, T3: EMS 0% 2 jam, T4: EMS 2% 0,5 jam, T5: EMS 2% 1 jam, T6: EMS 2% 2 jam, T7: EMS 3% 0,5 jam, T8: EMS 3% 1 jam, T9: EMS 3% 2 jam, T10: EMS 4% 0,5 jam, T11: EMS 4% 1 jam, T12: EMS 4% 2 jam	43

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Kerapatan stomata *P. grandiflora in vitro* generasi M₁V₂ pada 4 MST hasil perlakuan (A) EMS 0% 0,5 jam, (B) EMS 0% 1 jam, (C) EMS 0% 2 jam, (D) EMS 2% 0,5 jam, (E) EMS 2% 1 jam, (F) EMS 2% 2 jam, (G) EMS 3% 0,5 jam, (H) EMS 3% 1 jam, (I) EMS 3% 2 jam, (J) EMS 4% 0,5 jam, (K) EMS 4% 1 jam, (L) EMS 4% 2 jam dalam perbesaran 400x

47

Keragaan stomata *P. grandiflora in vitro* generasi M₁V₂ pada 4 MST hasil perlakuan (A) EMS 0% 0,5 jam, (B) EMS 0% 1 jam, (C) EMS 0% 2 jam, (D) EMS 2% 0,5 jam, (E) EMS 2% 1 jam, (F) EMS 2% 2 jam, (G) EMS 3% 0,5 jam, (H) EMS 3% 1 jam, (I) EMS 3% 2 jam, (J) EMS 4% 0,5 jam, (K) EMS 4% 1 jam, (L) EMS 4% 2 jam dalam perbesaran 400x

48

Warna batang dan daun *P. grandiflora* perlakuan kontrol pada (A) M₁ pada 4 MSP dan (B) M₁V₁ pada 12 MSP memiliki warna batang yang sama yaitu RHS 144 C (*strong yellow green*), sedangkan eksplan (C) M₁V₂ pada 21 MSP memiliki warna batang RHS N170A (*brownish orange*), ketiganya memiliki warna daun RHS 137A (*moderate olive green*) bagian pangkal daun dan RHS 143 B (*strong yellow green*) pada bagian ujung daun, skala 1 cm

50

Variasi ukuran daun *P. grandiflora* hasil perlakuan EMS 3% lama perendaman 2 jam antara (A) Kontrol dengan (B) M₁ 4 MST daun masih berukuran besar (tanda panah) (C) M₁V₁ 12 MST daun berukuran besar (tanda panah) menguning, (D) M₁V₁ 14 MST daun baru yang muncul kembali ke ukuran normal, skala 50 mm

52

Variasi percabangan tanaman *P. grandiflora* generasi M₁V₂ pada umur tanaman 10 Minggu Setelah Tanam sama antara (A) Kontrol dengan (B) dan (C) mutan putatif hasil perlakuan EMS 4% lama perendaman 1 jam, skala 1 cm

53

Perubahan warna hijau pada batang *P. grandiflora* pada generasi M₁V₂ hasil perlakuan (A) EMS 2% lama perendaman 1 jam dengan warna batang RHS 152B (*light olive*), (B) EMS 2% lama perendaman 2 jam dengan warna batang RHS 152C (*dark greenish yellow*), (C) EMS 3% lama perendaman 2 jam dengan warna batang RHS 152B (*light olive*), (D) EMS 4% lama perendaman 2 jam dengan warna batang RHS 152D (*dark greenish yellow*), dan (E) warna batang RHS 157A (*moderate olive green*), skala 1 cm

54

Keragaman fenotipik antar regeneran *P. grandiflora* pada generasi M₁ hasil perlakuan EMS 4% lama perendaman 2 jam (A) regeneran a) tunas dengan daun berwarna RHS 63D (*light purplish pink*) dan batang berwarna RHS 180C (*moderate red*) dan regeneran b) tunas dengan daun berwarna RHS 143B (*strong yellow green*) dan batang berwarna RHS 180C (*moderate red*) (B) regeneran a) tunas dengan daun berwarna RHS 149D (*pale yellow green*) dan batang berwarna RHS 62A (*strong purplish pink*) dan RHS 62D (*pale purplish pink*) dan regeneran b) daun dan batang berwarna RHS 149D (*pale yellow green*), skala 50 mm

55

Indikasi kimera sektoral pada *P. grandiflora* generasi M₁V₁ hasil perlakuan EMS 3% lama perendaman 0,5 jam (A) tampak depan dengan warna : a) batang RHS 142C (*light yellow green*) dan b) RHS 180C

- (*moderate red*), c) daun RHS 144 C (*strong yellow green*) dan d) RHS 61B (*strong purplish red*), (B) tampak belakang, skala 50 mm 57
- 21 Indikasi kimera meriklinal pada *P. grandiflora* generasi M₁V₁ (A) hasil perlakuan EMS 4% lama perendaman 2 jam: a) warna batang RHS 142C (*light yellow green*) dan b) RHS 59D (*strong purplish red*), (B) hasil perlakuan EMS 3% lama perendaman 1 jam: a) warna batang RHS 63A (*strong purplish red*), b) RHS 142C (*light yellow green*), dan (c) RHS 180C (*moderate red*), skala 50 mm 58
- 22 Variasi pigmentasi batang nonsektoral *P. grandiflora* pada generasi M₁V₁ (A) hasil perlakuan EMS 2% lama perendaman 1 jam dengan warna batang RHS 59D (*strong purplish red*), (B) hasil perlakuan EMS 4% lama perendaman 2 jam dengan warna batang RHS 61B (*strong purplish red*), skala 50 mm 59
- 23 (A) Kadar fenolik total dan (B) Kadar flavonoid total *P. grandiflora in vitro* generasi M₁V₂ pada perlakuan EMS dengan informasi kode perlakuan pada Tabel 17. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada grafik menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Tukey pada taraf 5%. Data A ditransformasi dengan rumus $\sqrt{x}$. T1: EMS 0% 0,5 jam, T2: EMS 0% 1 jam, T3: EMS 0% 2 jam, T4: EMS 2% 0,5 jam, T5: EMS 2% 1 jam, T6: EMS 2% 2 jam, T7: EMS 3% 0,5 jam, T8: EMS 3% 1 jam, T9: EMS 3% 2 jam, T10: EMS 4% 0,5 jam, T11: EMS 4% 1 jam, T12: EMS 4% 2 jam 65
- 24 Kapasitas antioksidan *P. grandiflora in vitro* generasi M₁V₂ pada berbagai metode; (A) CUPRAC; (B) FRAP; (C) ABTS; (D) DPPH dengan dengan informasi kode perlakuan pada Tabel 17. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada grafik menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut Tukey pada taraf 5%. Data ditransformasi dengan rumus: (A) $\log_{10}(x)$; (B) $1/x$; (C) dan (D) $\sqrt{x}$. T1: EMS 0% 0,5 jam, T2: EMS 0% 1 jam, T3: EMS 0% 2 jam, T4: EMS 2% 0,5 jam, T5: EMS 2% 1 jam, T6: EMS 2% 2 jam, T7: EMS 3% 0,5 jam, T8: EMS 3% 1 jam, T9: EMS 3% 2 jam, T10: EMS 4% 0,5 jam, T11: EMS 4% 1 jam, T12: EMS 4% 2 jam 68
- 25 Korelasi kadar fenolik total dan kapasitas antioksidan *P. grandiflora in vitro* generasi M₁V₂ perlakuan EMS dengan metode (A) CUPRAC, (B) FRAP, (C) ABTS, (D) DPPH. Nilai r: koefisien korelasi; ns: *not significant*; *: *significant* pada $\alpha < 5\%$; Y: persamaan regresi linear 69
- 26 Korelasi kadar flavonoid total dan kapasitas antioksidan *P. grandiflora in vitro* generasi M₁V₂ perlakuan EMS dengan metode (A) CUPRAC, (B) FRAP, (C) ABTS, (D) DPPH. Nilai r: koefisien korelasi; ns: *not significant*; *: *significant* pada $\alpha < 5\%$; 71
- 27 *Heatmap* dan analisis kluster hierarki dua belas perlakuan EMS pada *P. grandiflora in vitro* terhadap parameter uji. Kode warna merah (+2) menunjukkan tingkat potensi perlakuan yang tinggi terhadap parameter uji, sedangkan kode warna biru (-2). T1: EMS 0% 0,5 jam, T2: EMS 0% 1 jam, T3: EMS 0% 2 jam, T4: EMS 2% 0,5 jam, T5: EMS 2% 1 jam, T6: EMS 2% 2 jam, T7: EMS 3% 0,5 jam, T8: EMS 3% 1 jam, T9: EMS 3% 2 jam, T10: EMS 4% 0,5 jam, T11: EMS 4% 1 jam, T12: EMS 4% 2 jam 72

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.