

**INDUKSI KERAGAMAN GENETIK KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr.)
GALUR M.1.1.3 MENGGUNAKAN MUTAGEN *ETHYL*
METHANE SULFONATE PADA GENERASI M₁**

**Induction Of Genetic Diversity of Soybean (*Glycine Max* (L.) Merr.) M.1.1.3 Line using
Ethyl Methane Sulfonate Mutagen in M₁ Generation**

Dicky A.S¹, Nilahayati^{1*}, Adi S¹, Usnawiyah¹, Khaidir¹

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh
Jl. Cot Tengku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Lhokseumawe 24355

*Corresponding author: nilahayati@unimal.ac.id

ABSTRAK

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan terpenting di Indonesia karena memiliki kandungan protein yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh EMS terhadap keragaman morfologi dan agronomi pada galur M.1.1.3. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pulo Rungkom Aceh Utara dan di Laboratorium Agroekoteknologi. pada bulan Juli- Oktober 2023. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap. Faktor yang diuji yaitu konsentrasi EMS yang terdiri dari empat taraf, yaitu 0% EMS (D0=kontrol), 0,1% EMS (D1), 0,2% EMS (D2), 0,3% EMS (D3) dengan lama perendaman 6 jam. Karakter agronomi yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang produktif, umur saat berbunga, umur saat panen, jumlah polong per tanaman, bobot 100 biji, bobot biji kering per tanaman, bobot biji kering per plot, produksi ton/ha, panjang dan lebar stomata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi mutagen EMS (*Ethyl methane sulfonate*) pada generasi M₁ menurunkan karakter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang produktif, jumlah polong per tanaman, bobot 100 biji per tanaman, bobot biji per tanaman, bobot biji kering per plot, dan produksi ton/ha, namun meningkatkan umur berbunga dan umur panen.

Kata kunci : Keragaman Agronomi, EMS, Galur M.1.1.3, Pemuliaan Mutasi, Generasi M₁

ABSTRACT

Soybean is one of the most important food commodities in Indonesia because it has a high protein content. This study aims to determine the effect of EMS on morphological and agronomic diversity in M.1.1.3 line in M₁ generation. This research was conducted in Pulo Rungkom Village, Dewantara Subdistrict, North Aceh District and at the Agroecotechnology Laboratory. This research was conducted from July to October 2023. This research was conducted using a single-factor Completely Randomized Design. The concentration of EMS tested was 4 treatments, namely 0% EMS (D0 - control), 0.1% EMS (D1), 0.2% EMS (D2), 0.3% EMS (D3) with 6 hours immersion time. The variables observed were morphological and agronomic changes. Agronomic changes included plant height, number of leaves, number of productive branches, age at flowering, age at harvest, number of pods per plant, 100 seed weight, dry seed weight per plant, dry seed weight per plot, ton/ha production, number and length of leaves and stomatal width. The results showed that the application of EMS (*Ethyl Methane Sulfonate*) mutagen in M₁ generation affected agronomic parameters, namely variables in plant height, number of leaves, number of productive branches, flowering age, harvesting age, number of pods per plant, 100 seed weight per plant, seed weight per plant, seed weight per plot, and ton/h production.

Keywords : Agronomic Diversity, EMS, M.1.1.3 line, mutation breeding, M₁ generation

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) merupakan salah satu tanaman pangan yang sudah lama dibudidayakan dan sangat populer bagi masyarakat Indonesia. Jika persediaan pasar berkurang, mengakibatkan terjadinya guncangan ekonomi dalam masyarakat. Setiap tahunnya, kebutuhan kedelai di Indonesia sebagai sumber pangan terus meningkat. Menurut informasi dari Badan Pangan Nasional (BPN), (2022), kebutuhan keseluruhan kedelai diperkirakan mencapai 2,98 juta ton, dengan kebutuhan bulanan sekitar 248.626 ton. Namun, produksi kedelai dalam negeri pada tahun tersebut hanya mencapai 200.315 ton, tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan yang tinggi tersebut. Oleh karena itu, terjadi kesenjangan antara peningkatan konsumsi kedelai dan penurunan produksi kedelai dalam negeri, yang mengakibatkan kekurangan stok kedelai nasional. Konsumsi kedelai yang semakin meningkat juga berkontribusi pada peningkatan permintaan kedelai (Hafni *et al.*, 2022).

Pemenuhan kebutuhan kedelai nasional dengan impor bukan solusi yang tepat jika dilakukan secara terus-menerus. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi kedelai adalah dengan menggunakan varietas unggul yang dapat diperoleh melalui kegiatan pemuliaan tanaman. Pemuliaan tanaman bertujuan untuk meningkatkan potensi genetik tanaman sehingga menghasilkan tanaman yang lebih baik. Menurut Wiartana *et al.*, (2014) agar dapat membuat varietas baru, diperlukan populasi kedelai yang memiliki variasi genetik yang tinggi, sehingga dapat dilakukan seleksi untuk mendapatkan genotipe yang diinginkan. Salah satu cara untuk meningkatkan variasi genetik adalah dengan melakukan induksi mutasi.

Proses mutasi dapat menimbulkan perubahan pada sifat genetik tanaman, baik ke arah positif maupun negatif dan kemungkinan mutasi yang terjadi dapat kembali normal (*recovery*). Selain itu perlakuan mutasi terkadang tidak muncul pada generasi M₁ namun baru muncul pada generasi M₂, M₃ dan seterusnya (Soedjono, 2003; Nilahayati *et al.*, 2016; Nilahayati *et al.*, 2018; Nilahayati *et al.*, 2019). Menurut

Widiastuti *et al.*, (2013), keberhasilan mutasi dapat diamati melalui perubahan morfologi, anatomi, maupun pada tingkat DNA. Namun, untuk memperbesar kemungkinan mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan pada tanaman, diperlukan keragaman genetik yang tinggi.

Mutagenesis pada tanaman dapat diinduksi dengan menggunakan mutagen kimia seperti *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) yang dapat meningkatkan keragaman genetik. Mutagen EMS sering digunakan dalam upaya pemuliaan tanaman. Mutagen ini menyebabkan alkilasi basa *guanine* (G) menyebabkan kesalahan berpasangan atau ketidakcocokan pasangan pada DNA yang mendapat perlakuan. Pada kondisi ini, alkilasi pasangan G dengan T (*thymine*) pada tempat C (*cytosine*) menyebabkan pasangan G/C menjadi transisi A/T pada rantai DNA. Perubahan pada struktur dan fungsi protein akibat mutasi tersebut dapat menyebabkan perubahan pada sifat-sifat tanaman tertentu. Oleh karena itu, mutasi yang dihasilkan dari penggunaan EMS telah dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman pangan (Arta Dana *et al.*, 2021).

Menurut Putra (2017), bahwa penggunaan mutagen kimia EMS pada tanaman kedelai dapat masuk ke dalam benih saat benih diberi perlakuan perendaman. Masuknya EMS kedalam benih kedelai akan menyebabkan mutasi titik pada DNA sel embrio yang ada di dalam benih dan akan menyebabkan perubahan susunan asam amino sehingga mengakibatkan perubahan morfologi maupun fisiologi tanaman kedelai. EMS yang diaplikasikan pada tanaman kedelai dapat menyebabkan perubahan urutan nukleotida sehingga asam amino yang diproduksi akan berbeda. Penyimpangan mRNA, perubahan stabilitas mRNA, dan perubahan dalam penerjemahan protein juga dapat terjadi sebagai akibat mutagenesis.

Menurut Mendhulkar *et al.*, (2015) perlakuan EMS selama 4 jam pada tanaman kedelai menunjukkan pembungaan awal 8 hari pada konsentrasi 0,06 % dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pada perlakuan EMS dengan lama perendaman 6 jam,

semua konsentrasi menunjukkan pembungaan terlambat dibandingkan dengan kontrol. Menurut hasil penelitian Irawan *et al.*, (2022), terdapat perbedaan respons pada tinggi tanaman akibat perbedaan konsentrasi EMS yang digunakan yaitu 0%, 0.05%, 0.075%, and 0.1%. Pemberian perlakuan dengan konsentrasi EMS yang semakin tinggi menghambat pertumbuhan dan mengurangi tinggi tanaman pada galur M.1.1.3 pada generasi M₁. Harahap *et al.*, (2022) juga mendapatkan terdapat hambatan pertumbuhan pada populasi kedelai gepak kuning yang diberikan perlakuan mutagen EMS pada generasi M₁.

Jayakumar *et al.*, (2003) menyatakan bahwa tingginya konsentrasi EMS dapat menghancurkan promotor pertumbuhan, meningkatkan penghambat pertumbuhan dan metabolisme benih, dan menyebabkan berbagai penyimpangan kromosom. EMS merupakan senyawa yang beracun, sehingga menghambat pertumbuhan, tetapi akhirnya benih dapat beradaptasi dan mampu muncul ke permukaan tanah. Tingkat toksisitas EMS meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi dan durasi perendaman yang lebih lama, sehingga semakin banyak EMS yang diserap oleh tanaman dan dapat menyebabkan penurunan tinggi tanaman. Dhanavel (2009) menambahkan bahwa keberhasilan mutasi dengan menggunakan mutagen kimia pada setiap tanaman tergantung pada konsentrasi dan lama perendaman yang digunakan.

Berdasarkan permasalahan di atas telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh berbagai tingkat konsentrasi EMS dalam menginduksi keragaman genetik kedelai galur M.1.1.3 pada generasi M₁.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pulo Rungkom, Kecamatan Dewantara, Kabupaten Aceh Utara dan di Laboratorium Agroekoteknologi. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Oktober 2023.

Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian Rancangan Acak Kelompok Lengkap faktor tunggal. Konsentrasi EMS yang diujikan sebanyak 4 perlakuan, yaitu 0% (D0 - kontrol), 0,1% (D1), 0,2% (D2), 0,3% (D3) dengan waktu perendaman 6 jam.

Pembuatan Larutan EMS

Pembuatan larutan EMS dilakukan dengan membuat larutan stok EMS 0,3% sebanyak 100 ml terlebih dahulu. Kemudian larutan EMS di ambil dari larutan stok dengan konsentrasi 0,1%, 0,2%, 0,3%, lalu di larutkan sebanyak 16,66 ml, 33,33 ml kemudian ditera sebanyak 50 ml, sedangkan konsentrasi 0,3% di larutkan sebanyak 50 ml dan tidak di tera lagi.

Induksi Mutasi Kedelai dengan EMS

Benih kedelai yang berasal dari Galur M.1.1.3 diseleksi yang berkualitas baik dengan cara direndam dalam air bersih kemudian dipilih biji kedelai yang tenggelam. Biji kedelai yang telah diseleksi direndam dengan EMS 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 % selama 6 jam. Masing-masing perlakuan konsentrasi direndam 150 benih kedelai, sehingga total benih keseluruhan yang akan ditanam adalah 600 benih. Perlakuan dilakukan pada temperatur ruang. Setelah direndam pada beberapa konsentrasi tersebut, selanjutnya biji kedelai dibilas dengan *aquabidest* steril untuk menghilangkan sisa-sisa mutagen. Sebagai kontrol (0% EMS) biji kedelai hanya direndam dengan menggunakan larutan *Aquabidest*.

Persiapan Lahan

Lahan yang akan digunakan sebagai tempat penelitian dibersihkan dahulu dari sampah dan gulma menggunakan cangkul selanjutnya tanah dibolak-balik hingga gembur. Pengolahan tanah dilakukan hingga kedalaman 30 cm dari permukaan tanah. Selanjutnya dilakukan pembuatan bedengan dengan ukuran 2,2 m x 2 m. Parit drainase dibuat dengan jarak antar bedengan 50 cm. Olah tanah dilakukan dengan rentang waktu 2 minggu sebelum penanaman.

Pemberian Pupuk Dasar

Pemberian pupuk dasar dilakukan sesuai dengan dosis anjuran kebutuhan pupuk kedelai yaitu pupuk kandang 5 ton/ha, 50 kg Urea/ha, 200 kg SP-36/ha dan 100 kg KCI/ha. Oleh karena itu kebutuhan pupuk kandang sebanyak 2,2 kg/plot, pupuk urea sebanyak 22 g/plot, pupuk SP-36 sebanyak 88 g/plot dan pupuk KCI sebanyak: 44 g/plot. Pengaplikasian pupuk dilakukan bertahap dan berbeda waktu. Pupuk SP 36, dan KCI diaplikasikan terlebih dahulu yaitu dua minggu sebelum penanaman karena pupuk tersebut membutuhkan waktu dalam proses penguraian. Pupuk kandang diaplikasikan satu minggu sebelum penanaman yang berguna untuk memperbaiki struktur tanah sedangkan urea di aplikasikan satu hari sebelum tanam.

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

Sebanyak 600 benih kedelai galur M.1.1.3 baik kontrol maupun perlakuan mutagen EMS ditanam di lapangan sehingga membentuk 4 populasi yaitu populasi control, populasi EMS 0,1%, populasi EMS 0,2% dan populasi EMS 0,3%. Jarak tanam yang digunakan adalah 40 x 20 cm.

Pemeliharaan tanaman kedelai yang dilakukan meliputi pemupukan, penyiraman, dan pengendalian gulma. Penyiraman dilakukan setiap hari pada pagi hari. Apabila terjadi hujan maka tanaman disiram. Penyiangan gulma dilakukan

secara manual dengan mencabut gulma yang ada di dalam areal tanam untuk menghindari persaingan dalam mendapatkan unsur hara dari dalam tanah. Penyiangan dilakukan menyesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Pemanenan

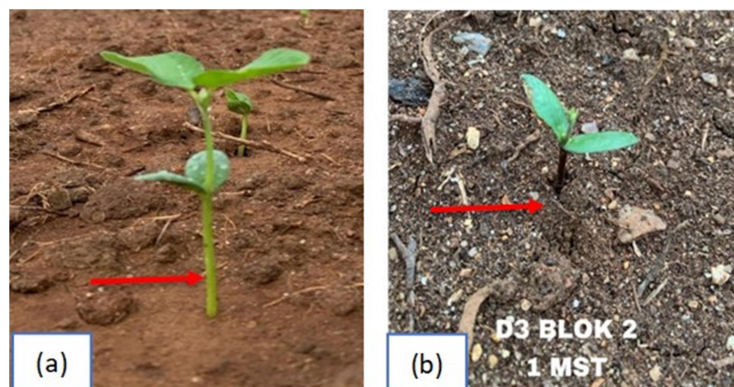
Pemanenan dilakukan dengan cara mencabut batang tanaman kedelai secara manual. Kriteria panen pada tanaman kedelai yaitu ketika 90 % daun telah menguning dan gugur, serta kulit polong telah berwarna kuning kecoklatan sebanyak 95 % dari satuan petak percobaan di areal lahan. Kedelai harus dipanen pada tingkat kemasakan biji yang tepat. Panen yang dilakukan terlalu awal akan menyebabkan biji keriput, sedangkan panen yang dilakukan terlambat akan menyebabkan butir rusak dan kehilangan hasil karena biji mudah rontok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Morfologi

1. Warna hipokotil batang

Pada penelitian ini terdapat perubahan warna hipokotil batang pada umur 1 MST. Perubahan warna hipokotil hanya terdapat pada populasi konsentrasi D3 (0,3% EMS) dan hanya terdapat 1 tanaman yang mengalami perubahan warna batang ini.



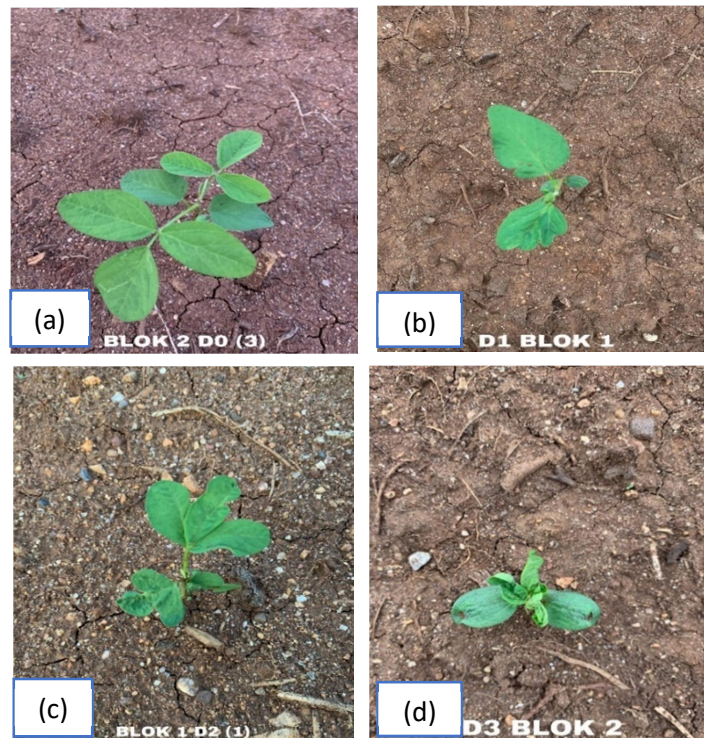
Gambar 1. Perbandingan warna batang tanaman kedelai (a) Tanaman D0 (0% EMS) (b) Tanaman D3 (0,3% EMS)

Gambar 1 (a) menunjukkan bahwa pada tanaman D0 (0% EMS) hipokotil batang berwarna hijau muda, daunnya juga berwarna hijau muda. Namun, pada gambar 1(b) dapat dilihat bahwa tanaman yang diberi perlakuan D3 (0,3% EMS) menunjukkan warna hipokotil batangnya berubah menjadi ungu tua, sementara daunnya berwarna hijau tua. Terlihat jelas bahwa mutagen EMS mempengaruhi warna hipokotil batang pada tanaman kedelai galur M.1.1.3 akibat perlakuan EMS pada generasi M1. Namun tanaman tersebut mati memasuki umur 70 HST. Hal ini

menunjukkan adanya variasi respon tanaman terhadap perlakuan EMS, dan mungkin ada pengaruh dosis terhadap perubahan tersebut.

2. Bentuk dan Ukuran Daun

Pada penelitian ini terdapat keragaman morfologi pada daun yang merupakan salah satu indikator efektifitas perlakuan mutagen yang diberikan. Pada seluruh perlakuan mutagen EMS terdapat variasi morfologi daun pada umur 2 MST.



Gambar 2 .Perbandingan bentuk dan ukuran daun (a) D0 (0% EMS) (b) D1 (0,1% EMS) (c) D2 (0,2% EMS) (d) D3 (0,3% EMS)

Pada Gambar 2 terlihat bahwa ukuran daun akibat diberikan mutagen EMS menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kontrol. Pada tampilan daun menunjukkan keragaman morfologi daun pada semua perlakuan. Pada perlakuan D0 yaitu memiliki daun yang berukuran besar, berwarna hijau, daun

berbentuk oval dan lanceolate, terdiri dari tiga helaian daun. Pada perlakuan D1, tanaman menunjukkan karakteristik daun berukuran sedang, berwarna hijau muda, berbentuk oval, dan terdiri dari satu helaian daun. Selain itu, terdapat kerusakan pada tampilan daun. Pada perlakuan D2, tanaman juga

memperlihatkan ciri-ciri daun berukuran sedang, berwarna hijau muda, berbentuk tidak beraturan, dan memiliki dua helai daun, dengan tampilan daun yang mengkerut. Sementara pada perlakuan D3, terdapat perbedaan di mana tanaman menunjukkan daun berukuran kecil, berwarna hijau tua pekat, berbentuk lonjong, mengkerut, dan hanya terdiri dari satu helaian daun.

Hasil observasi ini memberikan gambaran bahwa terdapat variasi dalam karakteristik daun antar perlakuan yang diberikan mutagen EMS pada kedelai galur M.1.1.3. Sesuai dengan penelitian Behera *et al.*, (2012), bahwa induksi mutagenesis melalui perlakuan EMS pada *Ateracantha longifolia* mempengaruhi tinggi tanaman,

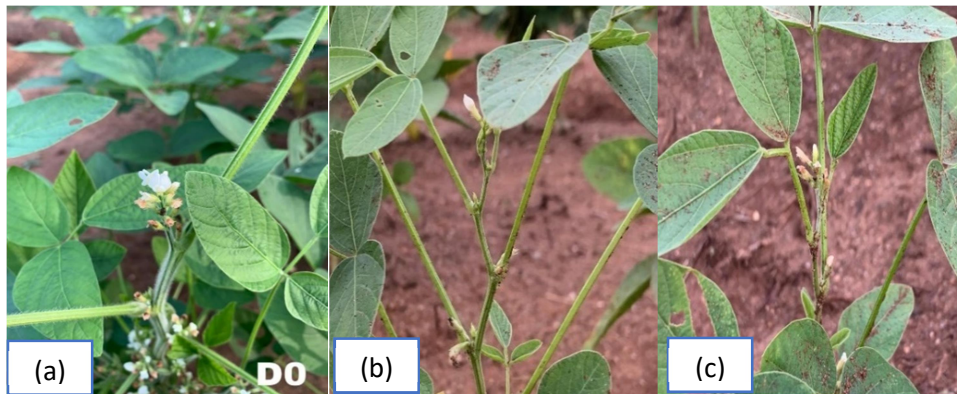
Pada penelitian ini terdapat keragaman morfologi, yaitu rasim bunga tidak berkembang (*Undeveloped rasim flower*) pada umur 70 HST. Bunga tidak berkembang adalah tanaman yang menghasilkan bunga

morfologi, dan bahkan ukuran daun. Semakin besar konsentrasi EMS yang diberikan, akan mempengaruhi morfologi dari suatu tanaman. Hal ini juga sesuai pada hasil penelitian Jabeen *et al.*, (2004) pada tanaman cabai yang menghasilkan mutan cabai dengan perubahan morfologis seperti perubahan bentuk daun, perubahan luas daun, simetri bunga, tanaman kerdil, biji steril, pembungaan lebih cepat atau pembungaan lebih lambat dibanding varietas asal. Selanjutnya Widiastuti *et al.*, (2013) menambahkan bahwa keberhasilan mutasi dapat diamati melalui perubahan morfologi, anatomi, maupun pada tingkat DNA.

3. Bunga Tidak Berkembang

(*Undeveloped Rasim Flower*)

namun hingga memasuki masa panen bunga tidak membentuk polong. Terdapat dua tanaman yang mengalami perubahan morfologi pada konsentrasi D1 (0.1%) dan D3(0,2%).



Gambar 3. Perbandingan rasim bunga (a) D0 (0% EMS) (b) D1 (0,1% EMS) (c) D3 (0,3% EMS)

Pada Gambar 3 di atas terlihat bahwa pada perlakuan konsentrasi D1 dan D3 terdapat perubahan morfologi bunga yang tidak berkembang/mekar. Rasim

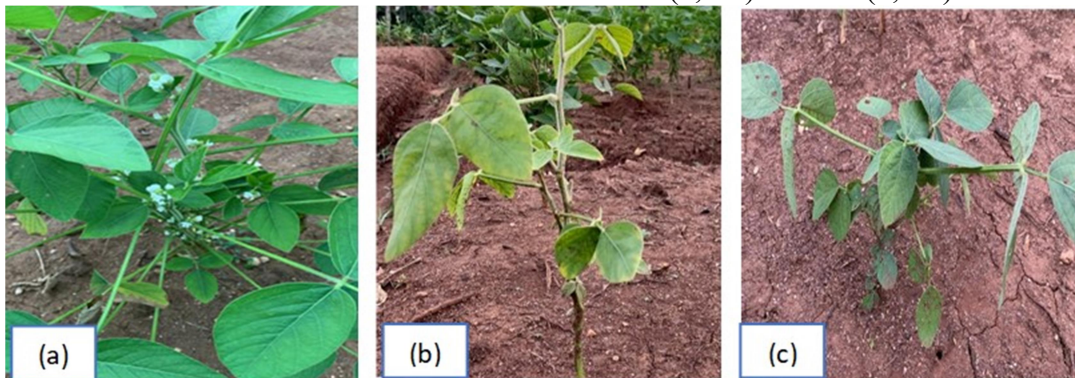
bunga yang tidak berkembang ini juga ditemukan pada kedelai yang menggunakan mutagen fisika iradiasi sinar gamma. Penelitian Hanafiah *et al.*,

(2010) menyatakan pada tanaman dengan penyinaran dosis iradiasi 200 Gy, jumlah polong yang terbentuk lebih sedikit, banyak bakal bunga tidak berkembang dan bunga tidak berkembang membentuk polong. Hal yang sama juga terdapat pada penelitian Sibarani *et al.*, (2015) dimana pada iradiasi sinar gamma dosis 200 Gy ditemukan beberapa tanaman yang tidak berhasil membentuk polong atau tanaman ini mampu mneghasilkan

bunga namun bunganya tidak bisa mekar.

4. Tanaman Steril (*full sterility*)

Pada penelitian ini terdapat tanaman steril pada populasi tanaman kedelai konsentrasi D2 (EMS 0,2%) dan D3 (0,3%). Tanaman steril adalah tanaman yang tidak menghasilkan bunga sama sekali hingga memasuki masa panen. Tanaman steril hanya terdapat dua tanaman pada konsentrasi D2 (0,2%) dan D3 (0,3%).



Gambar 1. Perbandingan tanaman steril (a) D0 (0% EMS) (b) D2 (0,2% EMS) (c) D3 (0,3% EMS)

Pada Gambar 5 di atas terlihat bahwa tanaman steril terdapat pada konsentrasi D2 dan D3 tanaman steril sedangkan pada konsentrasi D0 tidak terdapat tanaman steril ini sesuai dengan penelitian tanaman full sterility memiliki batang yang besar dengan penampilan yang jagur, pada bagian buku menggelembung dan daunnya selalu hijau walaupun sudah memasuki umur panen.

Penggunaan (EMS) pada kedelai galur M.1.1.3 dapat menghasilkan tanaman yang steril. Pada penelitian Jabeen *et al.*, (2002) perendaman kacang kapri dengan EMS pada konsentrasi 0,13% dan 0,2% selama 24 jam pada suhu 20°C diperoleh tanaman generasi M1 steril sebesar 75%. Pada penelitian yang lain seperti dilaporkan oleh Mirza, B (2004) dalam Wiguna *et*

al., (2011), dari 16 tipe mutasi yang terjadi tanaman cabe setelah perlakuan dengan EMS, 5 diantaranya adalah tanaman steril sedangkan pada populasi kontrol tidak ditemui tanaman yang steril.

Sulartini *et at.*, (2019) menyatakan bahwa mutasi pada tanaman dapat menimbulkan abnormalitas. Hal ini menandakan telah terjadi perubahan pada tingkat genom, kromosom, dan DNA sehingga proses fisiologis pada tanaman menjadi tidak normal dan menghasilkan variasi-variasi genetik baru. Abnormalitas atau bahkan kematian dapat terjadi pada populasi mutan generasi pertama.

Keragaman Agronomi

1. Persentase Tumbuh

Hasil analisis ragam pada peubah persentase tumbuh tanaman pada dua minggu setelah tanam (2 MST) menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata akibat pemberian

mutagen EMS pada galur M.1.1.3. Adapun hasil uji lanjut rata-rata persentase tumbuh benih kedelai galur M.1.1.3 akibat perlakuan mutagen EMS disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata persentase tumbuh kedelai galur M.1.1.3 akibat perlakuan mutagen EMS.

Perlakuan	Presentase Tumbuh Tanaman	
	(%)	
D0 (kontrol)	68,66 a	
D1 (0,1 %)	59,33 b	
D2 (0,2 %)	50,00 c	
D3 (0,3%)	45,33 c	

Keterangan : Angka-Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5 %.

Tabel 1 menunjukkan bahwa persentase tumbuh paling tinggi terdapat pada konsentrasi kontrol (0%) yaitu 68,66% sedangkan persentase tumbuh paling rendah terdapat pada konsentrasi D3 (0,3% EMS) yaitu 45,33% yang tidak berbeda nyata dengan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS). Hasil penelitian ini sejalan dengan Kavina *et al.*, (2020) pada benih *fenugreek*. Perlakuan kontrol (tanpa perendaman EMS) menunjukkan tingkat perkecambahan sebesar 100%. Namun, terdapat penurunan persentase perkecambahan seiring dengan peningkatan konsentrasi perlakuan mutagen EMS yang diberikan.

Pratiwi *et al.*, (2013) menjelaskan bahwa penggunaan mutagen EMS menyebabkan penurunan tingkat keberhasilan perkecambahan karena sifat racun yang masuk kedalam benih EMS. EMS dapat menghasilkan kerusakan fisiologis, merusak struktur kromosom, menghambat proses mitosis, menyebabkan aberasi kromosom melalui aktivitas enzim

seperti katalase dan lipase, serta mengganggu aktivitas hormonal yang pada akhirnya menurunkan persentase kelangsungan hidup pada fase perkecambahan. Gangguan dalam pembentukan enzim yang berperan dalam proses perkecambahan juga menjadi salah satu dampak fisiologis dari penggunaan EMS

2. Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada peubah tinggi tanaman umur 2, 4, dan 6 MST berpengaruh nyata akibat pemberian Mutagen EMS (*Ethyl Methane Sulfonate*) pada galur M.1.1.3, namun tidak berpengaruh nyata pada tinggi tanaman saat panen. Hasil uji lanjut terhadap peubah tinggi tanaman disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh beberapa konsentrasi EMS pada galur M.1.1.3 terhadap peubah tinggi tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			Panen
	2 MST	4 MST	6 MST	
<i>EMS (Ethyl Methane Sulfonate)</i>				
D0 (kontrol)	8,80 a	15,53 a	24,60 a	38,06 a
D1 (0,1 %)	7,43 b	10,43 b	17,77 b	37,40 a
D2 (0,2 %)	7,17 b	10,06 b	15,16 b	37,00 a
D3 (0,3%)	7,13 b	10,50 b	15,03 b	38,40 a

Keterangan : Angka-Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5 %

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian mutagen EMS memberikan pengaruh pada tinggi tanaman umur 2, 4 dan 6 MST. Tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan D0 (0% EMS) dengan tinggi berturut turut 8,80, 15,53, dan 24,60 cm pada umur 2, 4, dan 6 MST. Tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) dengan tinggi tanaman berturut turut 7,13, 10,50 dan 15,03 yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS).

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Pratiwi *et al.*, (2013), bahwa tinggi tanaman Marigold pada umur 4 dan 5 Minggu Setelah Tanam (MST) menunjukkan perbedaan yang signifikan antara tanaman kontrol dan tanaman yang diberi perlakuan EMS dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Tanaman kontrol cenderung memiliki tinggi yang lebih dominan dibandingkan dengan tanaman yang terpapar perlakuan EMS.

Defiani *et al.*, (2013) menjelaskan bahwa perbedaan ini disebabkan oleh sifat mutagenik dari EMS yang menyebabkan kerusakan fisiologis dan kromosom yang signifikan serta menghambat pembelahan sel mitosis. Variasi dalam respon tinggi tanaman ini diakibatkan oleh variasi konsentrasi EMS yang digunakan. Perlakuan dengan konsentrasi EMS yang tinggi cenderung menghambat pertumbuhan dan menyebabkan penurunan tinggi tanaman pada galur M.1.1.3

3. Jumlah Daun (helai)

Hasil analisis ragam pada peubah jumlah daun pada umur 2 dan 6 MST berpengaruh nyata namun pada umur 4 MST berpengaruh sangat nyata akibat pemberian Mutagen EMS (*Ethyl Methane Sulfonate*) pada galur M.1.1.3. Adapun hasil uji lanjut telah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata jumlah daun pada umur 2, 4 dan 6 MST Akibat Pemberian Mutagen EMS.

Perlakuan	Jumlah daun (Helai)		
	2 MST	4 MST	6 MST
D0 (kontrol)	10,13 a	24,40 a	54,46 a
D1 (0,1 %)	8,66 ab	23,06 a	42,00 ab
D2 (0,2 %)	7,53 b	18,66 b	31,00 bc
D3 (0,3%)	7,53 b	15,66 b	24,33 c

Keterangan: Angka-Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5 %

Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian mutagen EMS memberikan pengaruh pada jumlah daun tanaman kedelai. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan D0 (0%) dengan banyak berturut turut 10,13, 24,40, dan 54,46 helai pada umur 2, 4, dan 6 MST. Kemudian nilai terendah terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) yaitu 7,53, 15,66 dan 24,33 helai yang juga tidak jauh berbeda nyata dengan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS).

Menurut Qosim (2015), penghambatan pertumbuhan daun akibat perlakuan mutagen EMS dipengaruhi oleh faktor fisiologis dan genetis dari galur pada generasi M1. Priyono dan Susilo (2002) mencatat bahwa peningkatan konsentrasi mutagen EMS mengakibatkan peningkatan penyerapan EMS oleh tanaman, yang meningkatkan tingkat toksisitasnya.

Dampaknya meliputi penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, serta berat tanaman. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi EMS, efek toksisitasnya juga semakin bertambah, menghasilkan penurunan yang signifikan dalam parameter-parameter pertumbuhan tanaman tersebut.

4. Lebar dan Panjang Stomata

Hasil analisis ragam pada peubah lebar dan panjang stomata menunjukkan tidak memberikan pengaruh yang nyata akibat pemberian mutagen EMS (*Ethyl Methane Sulfonate*) pada galur M.1.1.3. Hasil analisis ragam panjang dan lebar stomata tanaman kedelai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian mutagen EMS tidak berpengaruh yang nyata terhadap peubah panjang dan lebar stomata. Namun secara rata-rata terdapat perbedaan antara perlakuan mutagen dengan kontrol. Pemberian mutagen EMS pada peubah lebar stomata memiliki nilai tertinggi pada perlakuan D3 (0,3% EMS) yaitu 130,62 μm dan nilai terendah terdapat pada perlakuan

D0 (0% EMS) yaitu 105,02 μm , tidak berbeda nyata dengan perlakuan D2 (0,2% EMS), dan D1 (0,1% EMS). Pemberian mutagen EMS pada peubah panjang stomata memiliki nilai tertinggi pada perlakuan D2 (0,2% EMS) yaitu 213,79 μm dan nilai terendah terdapat pada perlakuan D0 (0% EMS) yaitu 191,58 μm tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS), D3 (0,3% EMS).

Tabel 4. Lebar dan Panjang Stomata Akibat Pemberian Mutagen EMS pada galur M 1.1.3

Perlakuan	Lebar Stomata	Panjang Stomata
	(μm)	(μm)
D0 (kontrol)	105,02 b	191,58 a
D1 (0,1 %)	108,02 ab	199,81 a
D2 (0,2 %)	110,52 ab	213,79 a
D3 (0,3%)	130,62 a	202,13 a

Keterangan : Angka-Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5 %

Perlakuan dengan konsentrasi EMS menunjukkan nilai tertinggi dalam panjang dan lebar stomata daun, baik pada bagian atas (*adaksial*) maupun bagian bawah (*abaksial*). Temuan ini sesuai dengan pandangan yang diungkapkan oleh Samiyarsih *et al.*, (2021), yang menyatakan bahwa induksi mutasi memiliki dampak signifikan terhadap ukuran stomata, baik dari segi panjang maupun lebar daun. Ukuran stomata daun dipengaruhi oleh konsentrasi mutagen dan lama perendaman yang dilakukan. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Rahmah (2011), yang mencatat bahwa perendaman dengan EMS menghasilkan stomata yang lebih besar jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol,

terutama dalam hal lebar dan panjang stomata.

5. Jumlah Cabang Produktif, Umur Berbunga, Umur Panen

Hasil analisis ragam pada peubah jumlah cabang produktif, umur berbunga dan umur panen menunjukkan adanya pengaruh yang sangat nyata akibat pemberian mutagen EMS (*Ethyl methane sulfonate*) pada galur M.1.1.3. Adapun hasil uji lanjut terhadap peubah jumlah cabang produktif disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata jumlah cabang produktif, umur berbunga dan umur panen galur M.1.1.3 Akibat Pemberian EMS

Perlakuan	Jumlah Cabang Produktif/Tanaman	Umur Berbunga (HST)	Umur Panen (HST)
D0(0%)	6,86 a	44,33 d	87,13 d
D1 (0,1 %)	5,53 b	48,80 c	94,00 c
D2 (0,2 %)	4,92 bc	53,66 b	98,33 b
D3 (0,3%)	4,20 c	61,73 a	104,86 a

Keterangan : Angka-Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5 %

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian mutagen EMS memberikan pengaruh yang sangat nyata pada jumlah

cabang produktif tanaman kedelai. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan D0 (0%) dengan banyak 6,86 dan nilai terendah

terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) yaitu 4,20 yang juga tidak jauh berbeda nyata dengan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS). Pada peubah umur berbunga nilai tertinggi terdapat pada perlakuan D0 (0%) yaitu 44,33 HST dan nilai terendah terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) yaitu 61,73 HST, yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D2 (0,2% EMS) yaitu 53,66 HST dan D1 (0,1% EMS) yaitu 48,80 HST. Nilai tertinggi pada peubah umur panen terdapat pada perlakuan D0 (0%) yaitu 87,13 HST dan nilai terendah terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) yaitu 104,86 HST yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D2 (0,2% EMS) yaitu 98,33 HST dan D1 (0,1% EMS) yaitu 94,00 HST.

Dalam penelitian Purba *et al.*, (2013), terlihat bahwa pemberian mutagen mempengaruhi jumlah cabang dan jumlah polong hampa pada tanaman kedelai hitam. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Pratiwi *et al.*, (2013) yang menunjukkan bahwa tanaman kontrol memiliki jumlah cabang yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan EMS dengan konsentrasi yang berbeda. Selain itu, pada tanaman Marigold, perbedaan yang signifikan dalam jumlah cabang pada usia 3 MST antara kontrol dan perlakuan EMS 0,9% sedangkan jumlah cabang pada umur 4 MST hingga 7 MST berbeda nyata. Hal ini juga diperkuat dengan pendapat Fikriyah (2016) banyaknya jumlah percabangan dimungkinkan dapat meningkatkan jumlah bunga yang terbentuk ketika masa pembungaan, sehingga jumlah polong pun akan ikut meningkat.

Tanaman kontrol menunjukkan adanya pembungaan yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan EMS. Lambatnya proses pembungaan pada galur M.1.1.3 disebabkan oleh dampak dari mutagen EMS, yang tidak hanya menyebabkan mutasi tetapi juga merusak sel embrio benih yang diinduksi,

terutama pada konsentrasi yang tinggi, sehingga pertumbuhan tanaman dan waktu pembungaan terganggu. Hal ini sejalan dengan penelitian Girija dan Danavel (2013), yang mengindikasikan bahwa mutagen dapat memperlambat pembungaan pada tanaman, di mana tanaman kontrol cenderung memiliki waktu pembungaan yang lebih cepat dibandingkan dengan tanaman yang terpapar mutagen EMS.

Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa tanaman kontrol menunjukkan umur berbunga dan umur panen yang lebih cepat, sementara umur berbunga dan umur panen yang paling lambat terlihat pada perlakuan dengan konsentrasi EMS tertinggi. Penggunaan EMS pada berbagai konsentrasi yang berbeda telah menyebabkan kerusakan pada sel embrio tanaman, merusak pertumbuhan, dan akhirnya mengakibatkan penundaan dalam waktu panen. Hal ini sejalan dengan penelitian Purba *et al.*, (2013), yang menyatakan bahwa semakin tinggi dosis mutagen yang digunakan, semakin lama pula waktu panen. Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian Nilahayati *et al.*, (2015), yang mendapatkan pada generasi M1 tanaman kedelai kipas putih yang diberi perlakuan mutagen iradiasi gamma juga menunjukkan peningkatan umur berbunga dan umur panen dibandingkan dengan tanaman kontrol

6. Jumlah polong, Bobot 100 Biji/tanaman, Bobot Biji Kering/tanaman dan Bobot Biji Kering/plot

Hasil analisis ragam pada peubah jumlah polong, bobot 100 biji bobot biji/tanaman dan bobot biji/plot menunjukkan adanya pengaruh yang nyata akibat pemberian mutagen EMS (*Ethyl Methane Sulfonate*) pada galur M.1.1.3. adapun hasil uji lanjut disajikan pada Tabel 6

Tabel 6. Rata-rata jumlah polong, bobot 100 biji, bobot biji kering/tanaman dan bobot biji/plot

Perlakuan	Jumlah Polong	Bobot 100 biji/Tan (g)	Bobot Biji /Tanaman (g)	Bobot biji /Plot (g)	Produksi (ton/ha)
D0 (0%)	93,00 a	8,47 a	15,65 a	251,21 a	3,13 a
D1 (0,1 %)	90,40 a	8,58 a	14,08 b	186,59 b	2,32 b
D2 (0,2 %)	69,80 ab	9,30 a	11,64 c	173,76 b	2,17 b
D3 (0,3%)	54,66 b	7,61 b	10,07 d	148,54 b	1,85 b

Keterangan : Angka-Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5 %

Tabel 6 menunjukkan bahwa jumlah polong terbanyak terdapat pada perlakuan kontrol (D0) yaitu 93 polong, yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 dan D2, sedangkan jumlah polong paling sedikit terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) dengan jumlah polong hanya 54,66 polong. Bobot 100 biji per tanaman tertinggi adalah pada perlakuan D0 (0 % EMS) yaitu 8,47 g dan terendah terlihat pada D3 (0,3% EMS) yaitu 7,61 g yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS). Bobot biji tertinggi pada peubah bobot kering per tanaman yaitu pada perlakuan D0 (0% EMS) yaitu 15,65 g dan terendah pada D3 (0,3% EMS) yaitu 10,07 g yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS). Pada peubah bobot biji per plot nilai tertinggi yaitu pada D0 (0% EMS) sebesar 251,21 g dan terendah pada perlakuan D3 (0,3% EMS) sebesar 148,54 g yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS).

Penelitian Rasyad (2022) mendukung temuan bahwa penggunaan konsentrasi EMS yang melebihi 400 ppm dapat mengakibatkan penurunan jumlah polong pada tanaman. Induksi mutasi dengan konsentrasi EMS antara 200 ppm hingga 400 ppm dapat mengakibatkan perubahan genetik yang menyebabkan penurunan jumlah polong pada tanaman kedelai. Fiarahman *et al.*, (2021) menyatakan bahwa perubahan jumlah polong per tanaman kedelai menjadi lebih sedikit mengindikasikan bahwa telah terjadi mutasi gen atau kromosom yang mengontrol jumlah polong tanaman karena dilakukan induksi mutasi menggunakan konsentrasi EMS. Sharma *et al.*, (2000) menjelaskan bahwa hasil biji per tanaman

berkorelasi positif dengan jumlah cabang per tanaman, jumlah polong pertanaman, dan jumlah biji per polong.

Pemberian mutagen EMS memberikan pengaruh yang sangat nyata pada peubah bobot produksi ton/ha. Nilai tertinggi terdapat pada perlakuan D0 (0% EMS) dengan bobot 3,13 ton dan nilai terendah terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) dengan bobot 1,85 ton yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS). pada jumlah polong per tanaman. Polong terbanyak terdapat pada perlakuan D0 (0% EMS) dengan banyak 93,00. Polong yang paling sedikit terdapat pada perlakuan D3 (0,3% EMS) sebanyak 54,66 yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan D1 (0,1% EMS) dan D2 (0,2% EMS).

Nilai produksi sangat dipengaruhi oleh bobot biji per tanaman. Penggunaan konsentrasi EMS dapat meningkatkan bobot biji per tanaman, yang secara positif mempengaruhi produksi per hektar. Setiawan *et al.*, (2012) juga mengatakan bahwa bobot buah pertanaman berkorelasi positif terhadap bobot buah per hektar

KESIMPULAN

1. Perlakuan mutagen EMS pada galur M.1.1.3 pada generasi M1 menurunkan peubah tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang produktif, jumlah polong per tanaman, bobot biji pertanaman, bobot 100 biji per tanaman, bobot biji per plot, produksi ton/h, namun memperlambat umur berbunga dan umur panen.
2. Perlakuan mutagen EMS konsentrasi 0,2% dan 0,3% pada galur M.1.1.3 menghasilkan

beberapa perubahan morfologi diantaranya perubahan warna hipokotil, perubahan bentuk daun, bunga yang tidak mekar dan tanaman steril pada generasi M1.

DAFTAR PUSTAKA

- Arta Dana, I. B. M., Hardjo, P. H., Marianti Purwanto, M. G., Pujiyanti, A. S., & Indriyani, I. (2021). Ethyl Methane Sulphonate (EMS) Effect on Mutagenesis in Balinese Red Rice (*Oryza sativa* cv. Barak Cenana). *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 698–705.
<https://doi.org/10.29303/jbt.v21i3.2815>
- Badan Pangan Nasional. 2022. Produksi kedelai. Tersedia di <https://money.kompas.com/read/2022/03/31/133100626/badan-pangan-nasional--produksi-kedelai-hanya-cukup-buat-1-bulan-perlu-impor-2>. diakses 15 Januari 2024
- Dhanavel, M. G. and D. (2009). Mutagenic effectiveness and efficiency of gamma rays, ethyl methane sulphonate and their combination treatments in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 8(4), 318–321.
<https://doi.org/10.3923/ajps.2009.318.321>
- Defiani, MR., Pharmawati, M., Suada, I.K. 2013. Penerapan Teknologi Mutagenesis Untuk Ketahanan Terhadap Layu Fusarium Pada Cabai Merah (*Capsicum Annum* L.) Laporan Akhir (tidak diterbitkan). Denpasar. Universitas Udayana.
- Fikriah, (2016). Pengaruh lama perendaman dan konsentrasi mutagen EMS terhadap perkecambahan dan pertumbuhan kedelai (*Glycine max* L.) varietas Grobogan pada kondisi kekeringan. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Girija, M. & Dhanavel. D. (2013). Effect of gamma ray on quantitative traits of Cowpea in M₁ generation. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 3(2), 84-87.
- Hafni, R., RS, P. H., & Rezeki, D. (2022). Analisis Permintaan Konsumsi Kedelai di Indonesia. *Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu*, 3(1), 250–264
- Hanafiah, D.S., Trikoesoemaningtyas, S. Yahya, D. Wirnas. 2010. Induced mutations by gamma ray irradiation to Argomulyo soybean. *Biosciences*, Vol. 2 (3) : 121-125.
- Harahap, M.S.A., Nilahayati, Handayani, R. S., Nazimah & Hafifah (2022). Potensi Peningkatan Keragaman Genetik Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr) akibat Pemberian Mutagen EMS (Ethyl Methane Sulphonate) pada Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 1(3), 73–76.
<https://doi.org/10.29103/jimatek.v1i3.9758>
- Irawan, G, Nilahayati, Nazimah, Handayani, S, Nurdin, M.Y. (2022). Pengaruh Pemberian EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Terhadap Pertumbuhan Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Galur M.1.1.3. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 1(4):87-90.
<https://doi.org/10.29103/jimatek.v1i4.10462>
- Jabeen, N & B. Mirza. 2002. Ethyl Methane Sulphonate enhances genetic variability in *Capsicum Annum*. *Asian Journal of Plant Sciences* 1(4): 425-428.
- Jayakumar S., and Selvaraj R. 2003. Mutagenic Effectiveness and Efficiency of Gamma Rays and Ethyl

- Methane Sulphonate in Sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Madras Jurnal Agriculture*. 90 (1):574-576.
- Kavina, Pg. J., Ranjith, V., & Sathya, B. (2020). Effect of EMS on chlorophyll mutagen in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L.*). ~ 1 ~ *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(2), 1–05. www.plantsjournal.com
- Mendhulkar, V. D., Bhati, T., & Kharat, S. N. (2015). Cytogenetical and Morphological Variations in EMS treated *Glycine max Linn . (Merr .)*. *Research in Biotechnology*, 6(4), 19–26.
www.researchinbiotechnology.com
- Nilahayati, Rosmayati, Hanafiah, D.S., dan Harahap, F., 2015. Induction of genetic variability in Kipas Putih soybean with gamma rays irradiation (M1 generation). Proceeding of the 1th Almuslim International conference on Science, Technology and Society (AICSTS). Bireuen, Indonesia p178-183.
- Nilahayati, Rosmayati, Hanafiah, D.S & Harahap, F. (2016). Gamma irradiation induced chlorophyll and morphological mutation in Kipas Putih soybean. *Basic and Applied Research (IJSBAR)* 30 (3), 74-79.
- Nilahayati, & , Rosmayati, D. S. H. and F. H. (2018). Genetic variability and heritability on Kipas Putih soybean mutant lines using gamma rays irradiation (M3 generation) Genetic variability and heritability on Kipas Putih soybean mutant lines using gamma rays irradiation (M3 generation). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012041>.
- Nilahayati, Rosmayati, Hanafiah, D.S & Harahap, F. (2019). The genotype selection of M3 generation of Kipas Putih soybean with gamma-rays irradiation on agronomic characters, early maturity and high yielding mutants. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (1):97–102
- Pratiwi, N. M. D., Pharmawati, M., & Astarini, I. A. (2013). Pengaruh Ethyl Methane Sulphonate (EMS) terhadap pertumbuhan dan variasi tanaman marigold (*Tagetes sp.*). *Agrotrop*, 3(1), 23-28.
- Priyono & Agung, S.W. 2002. Respon Regenerasi ni Vitro Eksplan Sisik Mikro Kerk Lily (*Lilium longiflorum*) Terhadap Ethyl Methane Sulfonate (EMS), *Jurnal Ilmu Dasar*, 3(2), 74-79
- Purba, K. R., S.B. Eva, dan N. Isman. 2013. Induksi Mutasi Radiasi Sinar Gamma Pada Beberapa Varietas Kedelai Hitam (*Glycine mac (L) Merrill*). *J. Online Agroekotek*. 1 (2) : 154-165
- Putra, B. S., & Purwani, K. I. (2017). Pengaruh Mutagen Kimia EMS (Ethyl Methane Sulphonate) Terhadap Daya Berkecambah. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 6(2), 2–5.
- Saibari I, Barrijal S. Mouhib M, Belkadi N & Hamim A. 2023. Gamma irradiation induced genetic variability and its effects on the phenotypic and agronomic traits of groundnut (*Arachis hypogaea L.*). *Front. Genet*. 14:1124632.
doi:10.3389/fgene2023.1124632
- Sharma, R.N., M.W. Chitale, G.B Ganvir, A.K. Geda & R.L. Pandey. 2000. Obsetvaritions on the development of selection criterion for high yield and low neurotoxin in grass pea based on genetic resources. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 1: 15-16
- Soedjono, S. 2003. Aplikasi Mutasi Induksi Dan Variasi Somaklonal Dalam Pemuliaan Tanaman. *Litbang Pertanian*, 22 (2): 70-78.



- Wiguna, G. Rd. Prasodjo dan Uun S. 2011. Efektifitas Ethyl methane sulfonate (EMS) terhadap pembentukan tanaman wortel (*Daucus carota* L.) mandul jantan. *Jurnal Ilmu – ilmu Pertanian*. 7 (2): 25 – 32
- Wartana, I. M. A., Pharmawati, M., & Suada, I. K. (2014). Induksi Mutasi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum Annuum* L.) dengan Ethyl Methanesulfonate pada Berbagai Tingkat Waktu Perendaman. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 4(1), 7–12.
- Widiastuti, A., Sobir, dan M. R. Suhartanto. 2013. Analisis Keragaman Genetik Manggis (*Garcinia mangostana*) diiradiasi dengan Sinar Gamma Berdasarkan Penanda ISSR. *Bioteknologi*, 10(1): 15-22