

## Analisis variasi morfologi daun *Capsicum annum* L. yang diinduksi mutagen Etil Metana Sulfonat (EMS)

Isnaini Hasyim Harahap<sup>1</sup>, Elimasni<sup>1\*</sup>, Saleha Hannum<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sumatera Utara

\*Corresponding author: Jl. Bioteknologi No.1 Medan, Sumatera Utara, Indonesia. 20155

E-mail addresses: [elimasni@usu.ac.id](mailto:elimasni@usu.ac.id)

### Kata kunci

Analisis kluster  
Etil metana sulfonat  
*Capsicum annum* L.  
Induksi mutasi  
Morfologi daun

### Keywords

Cluster analysis  
Ethyl methane sulfonate  
*Capsicum annum* L.  
Mutation induction  
Leaf morphology

Diajukan: 24 Mei 2025  
Ditinjau: 26 Mei 2025  
Diterima: 16 Juni 2025  
Diterbitkan: 30 Juni 2025

### Cara Sitasi:

I. H. Harahap, E. Elimasni, S. Hannum, "Analisis variasi morfologi daun *Capsicum annum* L. yang diinduksi mutagen Etil Metana Sulfonat (EMS)", *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, vol. 5, no. 2, pp. 88-97, 2025.

### Abstrak

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi karena terdapat kandungan biomolekul penting di dalamnya. Upaya peningkatan keragaman genetik dapat dilakukan melalui induksi mutasi dengan menggunakan mutagen kimia seperti etil metana sulfonat (EMS). Mutasi dapat menyebabkan perubahan pada daun tanaman cabai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh induksi mutagen EMS terhadap variasi morfologi daun cabai merah (*C. annum* L. Cv. Tanjung 2). Morfologi daun yang diamati meliputi panjang daun dan lebar daun. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan induksi mutasi pada biji cabai merah menggunakan EMS dengan konsentrasi 0,00% (M0); 0,10% (M1); 0,20% (M2); 0,30% (M3); 0,40% (M4); 0,50% (M5); 0,60% (M6); dan 0,70% (M7). Selanjutnya menanam cabai, dan melakukan analisis fenotipik dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan variasi antar perlakuan secara deskriptif namun tidak signifikan secara statistik. Panjang daun berkisar antara 9,32 cm (M7) hingga 10,66 cm (M2). Lebar daun berkisar antara 3,96 cm (M7) hingga 4,58 cm (M4). Panjang daun dan lebar daun memiliki korelasi yang sangat kuat dan signifikan. Berdasarkan analisis kluster M0, M1, M2, M3, M4, dan M6 membentuk satu kluster besar sedangkan M5 dan M7 membentuk kluster terpisah. Temuan ini memberikan dasar bagi penelitian lebih lanjut dalam pemuliaan tanaman, studi genetik, dan aplikasi dalam pertanian, terutama dalam meningkatkan keragaman genetik cabai merah melalui pendekatan mutagenesis.

### Abstract

Red chili pepper (*Capsicum annum* L.) is a high-economic-value horticultural plant due to the presence of important biomolecules within it. Genetic diversity enhancement can be achieved through mutation induction using chemical mutagens such as ethyl methanesulfonate (EMS). Mutation can cause changes in the leaves of chili plants. This study aims to determine the effect of EMS mutagen induction on the morphological variation of red chili (*C. annum* L. Cv. Tanjung 2) leaves. The observed leaf morphology includes leaf length and leaf width. The method used involves inducing mutations in red chili seeds using EMS at concentrations of 0.00% (M0); 0.10% (M1); 0.20% (M2); 0.30% (M3); 0.40% (M4); 0.50% (M5); 0.60% (M6); and 0.70% (M7), followed by planting the chili and conducting phenotypic and data analysis. The results indicate a tendency for variation among treatments descriptively, but the differences are not statistically significant. Leaf length ranges from 9.32 cm (M7) to 10.66 cm (M2), while leaf width ranges from 3.96 cm (M7) to 4.58 cm (M4). Leaf length and leaf width exhibit a very strong and significant correlation. Based on cluster analysis, M0, M1, M2, M3, M4, and M6 form a large cluster, whereas M5 and M7

form separate clusters. These findings provide a foundation for further research in plant breeding, genetic studies, and agricultural applications, particularly in enhancing the genetic diversity of red chili through mutagenesis approaches.

Copyright © 2025. The authors. This is an open access article under the CC BY-SA license

## 1. Pendahuluan

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi dan potensi yang tinggi karena mengandung karbohidrat, lipid, protein, serat, provitamin E, vitamin A, vitamin C, karotenoid, dan fenolik (capsaicinoid, quercetin, dan luteolin) [1]. Cabai merah digunakan dalam konsumsi rumah tangga dan industri karena berfungsi sebagai antiinflamasi, antiseptik, antioksidan, antimikroba, dan analgesik [2], [3], [4]. Tingginya permintaan terhadap cabai merah menuntut peningkatan produksi cabai. Tetapi keragaman genetik cabai merah cukup terbatas diakibatkan kemampuan adaptasi cabai merah yang rendah sehingga memengaruhi pertumbuhan tanaman cabai merah [5]. Maka perlu dilakukan peningkatan keragaman genetik dengan induksi mutasi [6], [7].

Mutasi terjadi karena perubahan urutan nukleotida DNA yang menyebabkan perubahan pada asam amino sehingga berdampak pada perubahan fenotipik [8]. Mutasi dapat diakibatkan oleh mutagen fisik maupun mutagen kimia. Etil metana sulfonat (EMS) merupakan salah satu mutagen kimia yang dapat menyebabkan perubahan struktur DNA pada lokus yang mengatur sifat-sifat agronomi yang penting sehingga berdampak pada perubahan genotipe dan fenotipe [3], [8]. Penelitian sebelumnya oleh Dongfu dkk. [9] pada tanaman cabai merah (*C. annuum* L. cv. Zunla-1) yang diinduksi menggunakan mutagen EMS diperoleh hasil bahwa pada mutan generasi kedua diidentifikasi menghasilkan gen baru pada tanaman cabai. Arumingtyas dkk. [10], [11], melakukan penelitian pada tanaman cabai rawit (*C. frutescens* L.) yang diinduksi EMS 0,01% menghasilkan mutan generasi keempat yang stabil dengan perubahan pada beberapa karakter fenotipik seperti tinggi tanaman, tingkat percabangan dikotomis pertama, jumlah ruas, dan panjang ruas daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol [10], [11].

Daun sebagai salah satu organ penting pada tumbuhan yang berfungsi sebagai lokasi terjadinya fotosintesis karena memiliki kandungan klorofil yang menghasilkan metabolit primer dan metabolit sekunder yang berguna dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan [12]. Morfologi daun merupakan salah satu parameter penting dalam studi pemuliaan tanaman karena berperan secara langsung dalam proses fotosintesis dan transpirasi. Variasi panjang dan lebar daun mencerminkan kapasitas tanaman yang mampu menangkap energi cahaya yang selanjutnya akan memengaruhi akumulasi biomassa dan hasil. Daun juga digunakan sebagai indikator awal adanya efek mutasi dan digunakan dalam seleksi tanaman karena kemunculannya pada fase vegetatif awal sehingga mempercepat identifikasi genotipe unggul.

Berdasarkan uraian latar belakang, diketahui bahwa daun memiliki sensitivitas terhadap mutagen EMS, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh induksi mutagen EMS terhadap variasi morfologi daun cabai merah (*C. annuum* L. Cv. Tanjung 2). Hasil penelitian dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi pemuliaan tanaman yang memanfaatkan mutagenesis untuk meningkatkan keragaman genetik dan karakter morfologi yang diinginkan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada September 2024 hingga Februari 2025 di Rumah kaca *Plant Medical Center* Universitas Sumatera Utara. Mutagen EMS yang diinduksi pada biji terdiri dari beberapa konsentrasi yang berbeda yaitu 0,00% (M0); 0,10% (M1); 0,20% (M2); 0,30% (M3); 0,40% (M4); 0,50% (M5); 0,60% (M6); dan 0,70% (M7) dilakukan ulangan sebanyak 5 kali ulangan.

**Instrumentasi.** Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah biji cabai merah (*C. annuum* L. Cv. Tanjung 2), aquades, mutagen EMS, buffer fosfat pH 7, media tanam yang terdiri dari campuran tanah top soil, kompos, dan sekam dengan perbandingan 2:1:1, botol vial, kertas saring, *shaker*, spatula, kantong polietilen 40x40 cm, dan papan label.

**Pembuatan stok EMS.** Pembuatan stok EMS konsentrasi 10% sebanyak 10 ml, dilakukan pengenceran kembali hingga diperoleh konsentrasi yang diinginkan (0,10%; 0,20%; 0,30%; 0,40%; 0,50%; 0,60%; dan 0,70%).

**Induksi mutasi.** Biji cabai direndam pada larutan EMS dengan memasukkan 12 biji pada masing-masing konsentrasi dan diletakkan pada *shaker* selama 4 jam.

**Penyemaian dan penanaman.** Biji disemai pada trai semai dan dipindah tanam setelah berumur 29 hari setelah semai. Bibit cabai ditanam pada kantong polietilen ukuran 40x40 cm yang telah diisi media tanam, kemudian ditancapkan papan label dan diletakkan dengan randomisasi. Penempatan kantong polietilen dengan randomisasi dapat dilihat pada Tabel 1. Penyiraman dilakukan setiap pagi hari dan ditempatkan pada rumah kaca dengan penyinaran alami pada suhu 28°C.

Tabel 1. Randomisasi penempatan posisi kantong polietilen

M0	M6	M7	M5	M4
M2	M7	M5	M1	M2
M6	M4	M2	M0	M1
M1	M1	M3	M4	M3
M6	M6	M2	M5	M1
M7	M7	M3	M0	M0
M3	M5	M6	M4	M3
M5	M7	M2	M0	M4

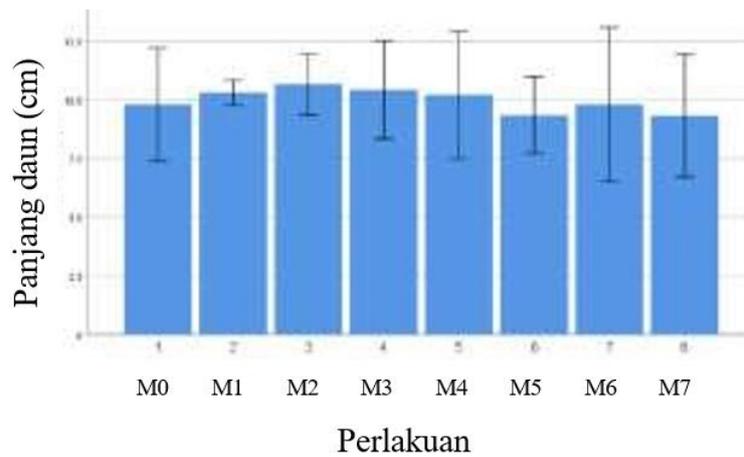
**Analisis morfologi.** Analisis morfologi dilakukan pada seluruh kombinasi perlakuan dengan total 40 tanaman yang meliputi panjang daun dan lebar daun.

**Analisis data.** Data dianalisis dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dan uji korelasi Pearson untuk mengetahui korelasi antar parameter pengamatan dan pembuatan dendrogram berdasarkan koefisien jarak Euclidean menggunakan metode *unweighted pair group method with arithmetic mean* (UPGMA) menggunakan *software* NTSys. Seluruh data dianalisis menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 30.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara deskriptif terdapat variasi panjang daun dan lebar daun yang dipengaruhi oleh induksi mutagen etil metana sulfonat (EMS). M7 merupakan tanaman yang mempunyai panjang daun terendah yaitu 9,32 cm sedangkan M2 mempunyai panjang daun tertinggi yaitu 10,66 cm. Rata-rata panjang daun dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata panjang daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

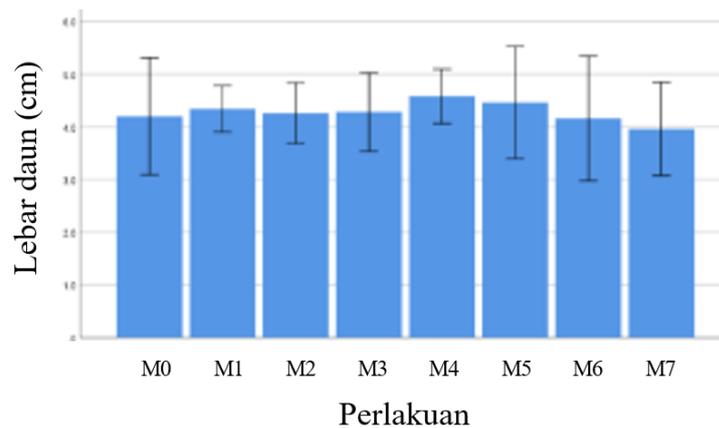
Gambar 1 menunjukkan rata-rata panjang daun pada masing-masing perlakuan. Secara umum, terdapat variasi nilai rata-rata panjang daun antar perlakuan. M0 menunjukkan rata-rata 9,8 cm dengan error bar yang besar. Hal ini berarti variasi panjang daun antar individu dalam kelompok tinggi. M1 memiliki rata-rata 10,3 cm dengan rentang error bar yang paling kecil. Hal ini berarti bahwa tanaman dalam kelompok M1 memiliki pertumbuhan yang seragam. M2 memiliki rata-rata panjang daun tertinggi yaitu 10,66 cm dengan rentang error bar yang cukup besar menunjukkan keragaman individu dalam kelompok cukup tinggi. M3 memiliki rata-rata 10,42 cm dengan error bar yang besar berarti bahwa panjang daun tiap individu dalam kelompok bervariasi. M4 memiliki rata-rata 10,2 cm dengan rentang error bar yang besar mengindikasikan bahwa variasi individu dalam kelompok tinggi. M5 memiliki rata-rata panjang daun 9,34 cm dengan error bar yang cukup besar menunjukkan keragaman individu dalam kelompok cukup tinggi. M6 memiliki rata-rata 9,8 cm dengan error bar yang paling besar menunjukkan variasi individu dalam kelompok sangat tinggi. M7 memiliki rata-rata 9,32 cm dengan error bar yang cukup besar menandakan variasi individu dalam kelompok besar. Adanya variasi rata-rata panjang daun dan error bar menandakan terdapat keragaman morfologi daun. Berdasarkan panjang daun, M2 merupakan kandidat potensial jika akan dilakukan seleksi.

Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi pada tiap perlakuan terdistribusi normal karena p value yang diperoleh  $> 0,05$ . Uji homogenitas Levene's Test berdasarkan nilai mean didapatkan  $p = 0,400$  yang berarti seluruh data bersifat homogen karena  $> 0,05$ . Uji normalitas Shapiro-Wilk panjang daun disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji normalitas Shapiro-Wilk panjang daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

Perlakuan	Statistik	df	Sig.
M0	0,814	5	0,105
M1	0,805	5	0,088
M2	0,893	5	0,370
M3	0,785	5	0,060
M4	0,847	5	0,184
M5	0,941	5	0,673
M6	0,977	5	0,916
M7	0,979	5	0,930

Lebar daun M7 memiliki rata-rata terkecil pada pengamatan terakhir yaitu sebesar 3,96 cm sedangkan yang tertinggi adalah M4 sebesar 4,58 cm. Data lebar daun M0 - M7 pada masa akhir pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rata-rata lebar daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

Gambar 2 menunjukkan rata-rata lebar daun pada masing-masing perlakuan. Secara umum, terdapat variasi nilai rata-rata lebar daun antar perlakuan. M0 menunjukkan rata-rata lebar daun sebesar 4,2 cm dengan eror bar yang besar. Hal ini berarti variasi lebar daun antar individu dalam kelompok tinggi. M1 memiliki rata-rata 4,34 cm dengan rentang eror bar yang paling pendek. Hal ini berarti bahwa tanaman dalam kelompok M1 memiliki lebar daun yang seragam. M2 memiliki rata-rata lebar daun 4,26 cm dengan rentang eror bar yang cukup besar menunjukkan keragaman individu dalam kelompok cukup tinggi. M3 memiliki rata-rata 4,28 cm dengan eror bar yang cukup besar berarti bahwa lebar daun tiap individu dalam kelompok bervariasi. M4 memiliki rata-rata lebar daun tertinggi yaitu 4,58 cm dengan rentang eror bar yang kecil berarti variasi individu dalam kelompok kecil berdasarkan lebar daun. M5 memiliki rata-rata 4,46 cm dengan eror bar yang besar menunjukkan keragaman individu dalam kelompok tinggi. M6 memiliki rata-rata 4,16 cm dengan eror bar yang paling besar menunjukkan variasi individu dalam kelompok sangat tinggi berdasarkan lebar daun. M7 memiliki rata-rata lebar daun terkecil yaitu 3,96 cm dengan eror bar yang cukup besar menandakan variasi individu dalam kelompok tinggi. Adanya variasi rata-rata lebar daun dan eror bar menandakan terdapat keragaman morfologi daun. Berdasarkan lebar daun, M4 merupakan kandidat potensial jika akan dilakukan seleksi.

Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi pada tiap perlakuan terdistribusi normal karena  $p$  value yang diperoleh  $> 0,05$ . Uji homogenitas Levene's Test berdasarkan mean didapatkan  $p = 0,484$  yang berarti seluruh data bersifat homogen karena  $> 0,05$ . Uji normalitas Shapiro-Wilk lebar daun disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji normalitas Shapiro-Wilk lebar daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

Perlakuan	Statistik	df	Sig.
M0	0,926	5	0,572
M1	0,914	5	0,492
M2	0,863	5	0,241
M3	0,952	5	0,751
M4	0,842	5	0,171
M5	0,983	5	0,950
M6	0,991	5	0,982
M7	0,885	5	0,334

Terdapat kecenderungan variasi morfologi daun antar perlakuan secara deskriptif, namun tidak signifikan secara statistik berdasarkan uji *one-way* ANOVA. Hasil uji *one-way* ANOVA dapat dilihat pada Tabel 4.

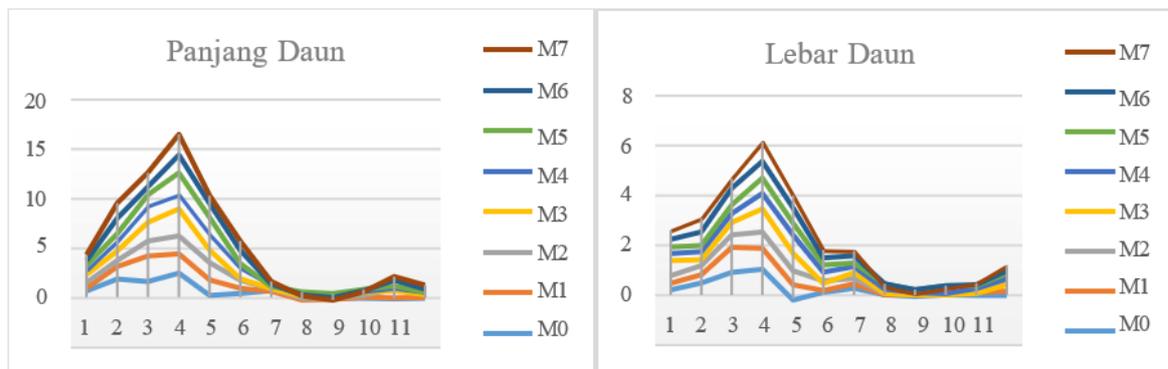
Tabel 4. Uji *one-way* ANOVA panjang dan lebar daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

Variabel	F	Sig.	MSB	MSW	$\eta^2$	$\varepsilon^2$	$\omega^2$	Keterangan
Panjang daun	0,380	0,907	1,226	3,231	0,77	-0,125	-0,122	Tidak signifikan
Lebar daun	0,374	0,911	0,178	0,477	0,76	-0,127	-0,123	Tidak signifikan

Keterangan: MSB (*mean square between group*) MSW (*mean square within group*)

Berdasarkan hasil analisis *one-way* ANOVA terhadap panjang dan lebar daun pada 8 perlakuan yang diamati, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antar kelompok. Nilai F hitung untuk variabel panjang daun 0,380 dengan  $p = 0,907$  sedangkan nilai F hitung untuk variabel lebar daun 0,374 dengan  $p = 0,911$ . Nilai  $p$  yang diperoleh  $> 0,05$  yang menunjukkan bahwa perbedaan yang diamati tidak signifikan secara statistik. Ukuran efek ANOVA dihitung untuk mengetahui besarnya pengaruh mutagen EMS dengan konsentrasi yang berbeda terhadap variasi total masing-masing variabel. Nilai *eta-squared* ( $\eta^2$ ) panjang daun dan lebar daun masing-masing 0,077 dan 0,076 yang berarti bahwa hanya 7,7% dan 7,6% variasi panjang dan lebar daun yang disebabkan oleh mutagen EMS. Artinya pengaruh mutagen EMS sangat kecil terhadap variasi panjang dan lebar daun.

Kurva pertumbuhan tanaman cabai merah berdasarkan panjang daun dan lebar daun dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva pertumbuhan panjang daun dan lebar daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

Berdasarkan hasil uji korelasi Pearson diketahui bahwa panjang dan lebar daun memiliki korelasi yang sangat signifikan. Uji korelasi Pearson dapat dilihat pada Tabel 5.

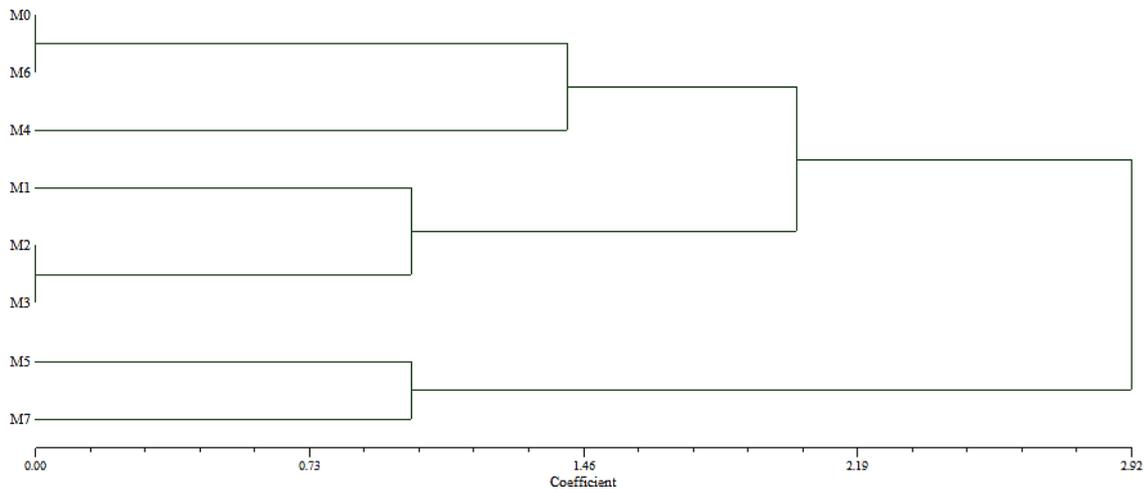
Tabel 5. Uji korelasi Pearson panjang dan lebar daun cabai rawit dengan variasi konsentrasi EMS

Variabel Pasangan	Koefisien Korelasi (r)	Sig. (2-tailed)	N	Keterangan
Panjang daun – Lebar daun	0,836**	<0,001	40	Korelasi sangat kuat, signifikan

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan signifikan secara statistik antara panjang daun dan lebar daun dengan  $r = 0,836$  dan  $p < 0,001$ . Hal tersebut berarti bahwa semakin panjang daun, maka semakin lebar pula daun tersebut. Panjang dan lebar daun memiliki pola pertumbuhan yang berkaitan erat yang dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan yang homogen.

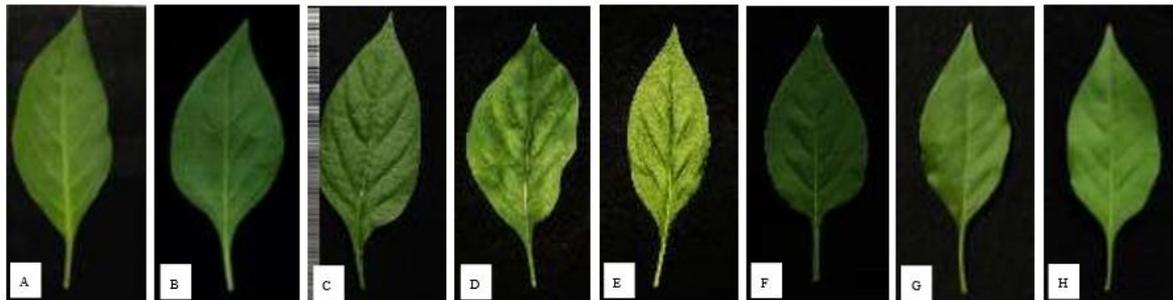
Kekerabatan delapan perlakuan berdasarkan variabel panjang daun dan lebar daun dijelaskan dalam bentuk dendrogram UPGMA pada Gambar 4. Dendrogram tersebut dibangun menggunakan koefisien jarak Euclidean. Hasil analisis kluster menunjukkan terdapat pengelompokan dari total 8 perlakuan yang diamati berdasarkan kemiripan panjang dan lebar daun. Pola kluster yang terbentuk menunjukkan adanya kemiripan morfologi daun.

Berdasarkan dendrogram, terdapat beberapa perlakuan yang memiliki kemiripan yang sangat tinggi ditunjukkan dengan nilai koefisien jarak Euclidean 0,00 yaitu M0 dengan M6 dan M2 dengan M3. Hal tersebut berarti bahwa masing-masing pasangan memiliki kemiripan yang identik berdasarkan data fenotipik. M5 dan M7 bergabung pada koefisien 1,022. M1 bergabung dengan kelompok M2 dan M3 pada koefisien 1,022. M4 bergabung dengan kelompok M0 dan M6 pada koefisien 1,46. Pada koefisien 2,044 M0, M1, M2, M3, M4, M6, dan M7 membentuk kelompok besar yang terpisah dari M5 dan M7. Selanjutnya seluruh perlakuan (M0 – M7) membentuk kluster besar pada koefisien 2,92.



Gambar 4. Dendrogram kekerabatan berdasarkan variabel panjang daun dan lebar daun (Ntsys 2.11a)

Variasi morfologi daun cabai merah setelah diinduksi mutagen EMS dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Variasi morfologi daun cabai merah setelah diinduksi dengan mutagen EMS dengan beberapa konsentrasi meliputi (A) 0,00% (M0); (B) 0,10% (M1); (C) 0,20% (M2); (D) 0,30% (M3); (E) 0,40% (M4); (F) 0,50% (M5); (G) 0,60% (M6); dan (H) 0,70% (M7)

### 3.2 Pembahasan

Mutasi yang terjadi akibat induksi mutagen EMS merupakan mutasi titik (*point mutation*). Mutasi titik terjadi karena adanya perubahan pada salah satu pasangan basa DNA. EMS akan bereaksi dengan basa guanin dan kemudian ditambahkan gugus alkil yang menyebabkan perubahan sifat pasangan basa sehingga pada saat untai DNA teralkilasi direplikasi menjadi timin, bukan sitosin [13]. Perubahan ini terjadi saat proses transkripsi, tetapi perubahan susunan DNA yang terjadi tidak selalu diekspresikan sehingga tidak selalu tampak pada fenotipe tanaman. Mutasi yang disebabkan induksi EMS juga bersifat acak dan dengan frekuensi yang rendah. Berdasarkan hal tersebut, mutasi titik tidak selalu menghasilkan perubahan fenotipik yang drastis dan seragam terlebih pada mutan generasi

pertama.

Pengamatan karakter morfologi pada pekan ke-1 hingga pekan ke-12 menunjukkan pola pertumbuhan yang khas. Fase awal (pekan ke-1 hingga pekan ke-3) terjadi peningkatan ukuran daun pada semua perlakuan. Puncak pertumbuhan terjadi pada pekan ke-4. Setelah mencapai puncak, ukuran daun mulai mengalami penurunan yang disebabkan oleh energi dialokasikan untuk fase generatif yaitu pembentukan buah dan bunga sehingga pertumbuhan melambat. Pekan ke-11 dan ke-12 terlihat terjadi peningkatan disebabkan adanya pertumbuhan daun baru dan telah dilakukan pemanenan buah pertama sehingga aliran energi untuk fase vegetatif menjadi lebih besar. Berdasarkan hasil penelitian, Panjang daun dan lebar tanaman cabai yang telah diinduksi EMS bersifat fluktuatif. Peningkatan dan penurunan ukuran panjang daun tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan dosis EMS. Terlihat bahwa induksi EMS 0,1% hingga 0,4% meningkatkan ukuran panjang daun, tetapi jika konsentrasi EMS dinaikkan maka akan menyebabkan penurunan ukuran daun panjang yang drastis. Hasil ini sejalan dengan penelitian Deivamai dkk. [14] dan Pha dkk. [15] dan memperoleh hasil bahwa panjang daun terendah adalah pada tanaman kontrol sedangkan tanaman yang diinduksi EMS dan peningkatan dosis EMS dapat meningkatkan panjang daun, hasil yang didapatkan bersifat konsisten dan bukan fluktuatif. Hasil yang berbeda pada penelitian More & Share [16] bahwa peningkatan dosis EMS dapat menurunkan panjang daun dan bersifat konsisten yang salah satunya dapat disebabkan oleh inaktivasi auksin. Selain dari inaktivasi auksin pada tanaman, perubahan sintesis auksin yang diakibatkan pengaruh dari induksi EMS juga dapat menyebabkan perubahan ukuran panjang daun.

Lebar daun pada tanaman yang diinduksi EMS dengan konsentrasi 0,1% hingga 0,5% berdasarkan hasil penelitian dapat meningkatkan lebar daun tanaman. Tetapi terjadi penurunan lebar daun pada EMS konsentrasi 0,6% dan 0,7%. EMS 0,4% merupakan konsentrasi maksimum terhadap peningkatan lebar daun. Penelitian sejalan dengan Pha dkk. [15] yang memperoleh hasil bahwa pengaruh EMS dengan perbedaan konsentrasi terhadap lebar daun bersifat fluktuatif. More & Sahare [16] menyatakan bahwa peningkatan dosis EMS dapat menurunkan lebar daun disebabkan oleh inaktivasi auksin. Sedangkan Rime dkk. (2019) dalam penelitiannya menemukan bahwa peningkatan konsentrasi EMS berbanding lurus dengan lebar daun [17].

Pada penelitian ini dilakukan analisis klusterisasi yang bertujuan untuk mengelompokkan objek berdasarkan kesamaan karakteristiknya. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa seluruh individu dikelompokkan dalam satu kluster besar, terdapat perbedaan fenotipik khususnya pada kelompok M5 dan M7. Pola tersebut menunjukkan adanya perbedaan morfologi daun tanaman yang dapat diakibatkan oleh adanya perubahan pada susunan DNA akibat dari induksi mutasi EMS. Genotipe dikelompokkan ke dalam subkluster yang berbeda oleh nilai jarak genetik yang bergantung pada karakteristik morfologi tanaman [18].

Gambar 5 menunjukkan variasi morfologi daun cabai setelah diinduksi dengan mutagen EMS. Terlihat perbedaan bentuk, ukuran, dan warna pada delapan daun tersebut. Daun merupakan organ pada tumbuhan yang bertanggung jawab menjalankan fungsi fotosintesis. Fotosintesis terjadi karena adanya klorofil yang berperan dalam mengikat energi cahaya yang akan dikonversi menjadi  $O_2$ ,  $H^+$ , dan elektron yang akan digunakan untuk fiksasi  $CO_2$  dan biosintesis karbohidrat, fotosintesis selain dipengaruhi oleh faktor lingkungan juga dipengaruhi oleh morfologi daun [19], [20], [21], dan [22]. Morfologi daun berdampak pada laju fotosintesis tumbuhan. Ukuran daun seperti panjang dan lebar daun memiliki dampak yang cukup signifikan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa panjang daun dan lebar daun pada tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L. Cv. Tanjung 2) memiliki kecenderungan variasi antar perlakuan secara deskriptif, namun tidak signifikan secara statistik. Panjang daun terendah yaitu pada M7 sebesar 9,32 cm sedangkan yang tertinggi M2 sebesar 10,66 cm. Lebar daun terendah yaitu pada M7 3,96 cm sedangkan yang tertinggi M4 sebesar 4,58 cm. Panjang daun dan lebar daun memiliki hubungan yang sangat kuat dan signifikan berdasarkan uji korelasi Pearson. Sedangkan berdasarkan analisis kluster M0, M1, M2, M3, M4, dan M6 membentuk satu kluster besar sedangkan M5 dan M7 terpisah membentuk kluster tersendiri. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan penambahan kontrol positif berupa mutagen lain, observasi pada karakter agronomis yang lebih banyak, menambahkan jumlah ulangan menjadi 10 hingga 15 ulangan, dan penelitian lanjutan hingga dihasilkan tanaman mutan dengan stabilitas genetik.

#### Daftar Pustaka

- [1] R. Alonso-Villegas, R. M. González-Amaro, C. Y. Figueroa-Hernández, and I. M. Rodríguez-Buenfil, "The genus *Capsicum*: A review of bioactive properties of its polyphenolic and capsaicinoid composition," *Molecules*, vol. 28, no. 10, pp. 1-23, 2023, doi: 10.3390/molecules28104239.
- [2] H. E. Romero Luna, J. Colina, L. Guzmán Rodríguez, C. G. Sierra Carmona, Á. M. Farias Campomanes, S. García Pinilla, M. M. González Tijera, K. O. Malagón Alvira, and A. Peredo Lovillo, "Capsicum fruits as functional ingredients with antimicrobial activity: an emphasis on mechanisms of action," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 60, no. 11, pp. 2725–2735, 2023, doi: 10.1007/s13197-022-05578-y.
- [3] S. Mahpara, L. Fatima, A. Gul, R. Ullah, M. Muneer, M. A. Bhatti, J. Iqbal, A. Ahmed, T. Fatima, M. U. Ijaz, S. A. Alharbi, W. A. Alrasheed, M. I. Ullah, A. Rauf, M. W. Nasir, and H. A. E. Enshasy "Exploring the efficiency of Ethyl Methane Sulfonate (EMS) and Sodium Azide (SA) to induce mutation in chili (*Capsicum annuum* L.) germplasm," *J King Saud Univ Sci*, vol. 35, no. 2, pp. 1-8, 2023, doi: 10.1016/j.jksus.2022.102507.
- [4] T. Mahmood, R. M. Rana, S. Ahmar, S. Saeed, A. Gulzar, M. A. Khan, F. M. Wattoo, X. Wang, F. Branca, F. Mora-Poblete, G. S. Mafra, and X. Du, "Effect of drought stress on capsaicin and antioxidant contents in pepper genotypes at reproductive stage," *Plants*, vol. 10, no. 7, pp. 1-13, 2021, doi: 10.3390/plants10071286.
- [5] I. Y. Kamila, A. Maharijaya, and S. Sobir, "Genetic variability and stability analysis of chili in three environments," *Indonesian Journal of Agronomy*, vol. 51, no. 2, pp. 210–220, 2023, doi: 10.24831/ija.v51i2.47134.
- [6] G-X. Cheng, R-X. Zhang, S. Liu, Y-M. He, X-H. Feng, S. U. Haq, D-X. Luo, and Z-H. Gong, "Leaf-color mutation induced by ethyl methane sulfonate and genetic and physio-biochemical characterization of leaf-color mutants in pepper (*Capsicum annuum* L.)," *Sci Horti*, vol. 257, pp. 1-12, 2019, doi: 10.1016/j.scienta.2019.108709.
- [7] E. L. Arumingtyas and A. N. Ahyar, "Genetic diversity of chili pepper mutant (*Capsicum frutescens* L.) resulted from gamma-ray radiation," *1st Lekantara Annual Conference on Natural Science and Environment (LeNS 2021)*, pp. 1-11, 2022. doi: 10.1088/1755- 1315/1097/1/012059.
- [8] M. I. Siddique, S. Back, J-H. Lee, J. Jo, S. Jang, K. Han, J. Venkatesh, J-K. Kwon, Y. D. Jo, and B-C. Kang, "Development and characterization of an ethyl methane sulfonate (EMS) induced mutant population in *Capsicum annuum* L.," *Plants*, vol. 9, no. 3, pp. 1-16, 2020, doi: 10.3390/plants9030396.
- [9] H. Dongfu, H. Jianwen, F. Wenting, H. Mingwen, and Y. Hong, "Phenotypic variation analysis of mutant population of ethyl methane sulfonate in peppers," *Pak J Bot*, vol. 54, no. 1, pp. 1-9, 2022, doi: 10.30848/pjb2022-1(9).
- [10] E. L. Arumingtyas, J. Kusnadi, D. R. T. Sari, and N. Ratih, "Genetic variability of Indonesian local chili pepper: The facts," *8th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC 2017)*, pp. 1-10, 2017, doi: 10.1063/1.5012726.
- [11] E. L. Arumingtyas, A. Atiaturochmah, and J. Kusnadi, "Confirmation of mutation and genetic stability of the M4 generation of chili pepper's (*Capsicum frutescens* L.) ethyl methane sulfonate (EMS) mutant based on morphological, physiological and molecular characters," *Biodiversitas*, vol. 24, no. 1, pp. 531–538, 2023, doi: 10.13057/biodiv/d240162.

- [12] A. Khafid, S. Widodo, A. Suedy, and Y. Nurchayati, "Kandungan klorofil dan karotenoid daun salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp.) pada umur yang berbeda," *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, vol. 6, no. 1, pp. 74-80, 2021, doi: 10.14710/baf.6.1.2021.74-80.
- [13] S. W. Leacock, "Biol3300 Genetics," [Online]. Available: <https://LibreTexts.org>.
- [14] S. Deivanai, B. J. R. Sng, K. Van Vu, T. S. M. Shibu, I. C. Jang, and S. Ramachandran, "EMS-induced mutagenesis in Choy sum (*Brassica chinensis* var. *parachinensis*) and selection for low light tolerance using abiotic stress indices," *BMC Plant Biol*, vol. 23, no. 1, pp. 1-20, 2023, doi: 10.1186/s12870-023-04570-8.
- [15] N. T. Pha, B. M. Sang, M. T. Thao, and T. D. Gioi, "Effect of ethyl methane sulfonate on the mutants inducement in balsam plants (*Impatiens balsamina* Linn.)," *Asian J Plant Sci*, vol. 22, no. 4, pp. 628-636, 2023, doi: 10.3923/ajps.2023.628.636.
- [16] S. More and H. Sahare, "Effect of chemical mutagen (Ethyl methane sulfonate) on money plant (*Epipremnum aureum*)," *Journal of Applied and Natural Science*, vol. 16, no. 1, pp. 385-389, 2024, doi: 10.31018/jans.v16i1.4736.
- [17] J. Rime, M. R. Dinesh, M. Sankaran, K. S. Shivashankara, A. Rekha, and K. V. Ravishankar, "Evaluation and characterization of EMS derived mutant populations in mango," *Sci Horti*, vol. 254, pp. 55-60, 2019, doi: 10.1016/J.SCIENTA.2019.04.015.
- [18] M. G. Akinwale, G. Gregorio, F. Nwilene, B. O. Akinyele, S. A. Ogunbayo, and A. C. Odiyi, "Heritability and correlation coefficient analysis for yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.)," *African Journal of Plant Science*, vol. 5, no. 3, pp. 207-212, 2011, doi: 10.5897/ajps.9000137.
- [19] Y. Li, C. Liu, J. Zhang, H. Yang, L. Xu, Q. Wang, L. Sack, X. Wu, J. Hou, and N. He, "Variation in leaf chlorophyll concentration from tropical to cold-temperate forests: Association with gross primary productivity," *Ecol Indic*, vol. 85, pp. 383-389, 2018, doi: 10.1016/j.ecolind.2017.10.025.
- [20] F. Gao, J. Guo, and Y. Shen, "Advances from chlorophyll biosynthesis to photosynthetic adaptation, evolution and signaling," *Plant Stress*, vol. 12, pp. 1-13, 2024, doi: 10.1016/j.stress.2024.100470.
- [21] P. J. D. Janssen, M. D. Lambreva, N. Plumeré, C. Bartolucci, A. Antonacci, K. Buonasera, R. N. Frese, V. Scognamiglio, and G. Rea, "Photosynthesis at the forefront of a sustainable life," *Frontiers in Chemistry*, vol. 2, no. 36, pp. 1-22, 2014, doi: 10.3389/fchem.2014.00036.
- [22] K. Kohzuma, K. Sonoike, and K. Hikosaka, "Imaging, screening and remote sensing of photosynthetic activity and stress responses," vol. 134, pp. 649-651, 2021, doi: 10.1007/s10265-021-01324-1.