

Variasi Morfologi Daun pada Tiga Genotipe Cabai Rawit Lokal (*Capsicum frutescens* L.) akibat Induksi *Ethyl Methane Sulfonate*

Putri Nur Arrufitasari¹; Galih El Fikri²;

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

²Program Studi Konservasi Sumber Daya Alam

Universitas Teknologi Sumbawa

Email Penulis Korespondensi: ¹putrinurarrufitasari.fp@upnjatim.ac.id

Abstrak

Cabai rawit memiliki popularitas dan tingkat konsumsi yang sangat besar dan merupakan salah satu komoditas sayuran yang banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia karena memiliki harga jual yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh induksi mutagen *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) terhadap morfologi daun tiga genotipe cabai rawit lokal (*Capsicum frutescens* L.). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor: variasi konsentrasi EMS (0,01%, 0,02%, dan 0,04%) dan tiga genotipe cabai rawit. Data yang didapatkan dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis varian ANOVA dengan α 5 %. Jika faktor-faktor tersebut berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut menggunakan uji Tukey. Perlakuan induksi EMS terbukti meningkatkan variasi genetik dan karakter morfologi pada beberapa konsentrasi. Konsentrasi EMS 0,02% menghasilkan jumlah daun yang signifikan lebih tinggi pada Genotipe 1, sementara Genotipe 2 dan 3 tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam jumlah daun. Selain itu, EMS pada konsentrasi tertentu memengaruhi lebar daun, khususnya pada Genotipe 2 yang menunjukkan lebar daun lebih besar pada konsentrasi EMS 0,01% dan 0,04%. Namun, panjang daun tidak mengalami perubahan signifikan pada seluruh genotipe yang diuji.

Kata Kunci

Cabai rawit, *Ethyl Methane Sulfonate*, Mutagenesis, Morfologi daun, Genotipe.

Abstract

Chili peppers are highly popular and widely consumed, making them one of the most cultivated vegetable commodities by farmers in Indonesia due to their high market value. This study aimed to examine the effects of *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) mutagen induction on the leaf morphology of three local chili pepper genotypes (*Capsicum frutescens* L.). The experimental design used was a completely randomized design (CRD) with two factors: EMS concentration variation (0.01%, 0.02%, and 0.04%) and three chili pepper genotypes. The obtained data were statistically analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) with a 5% significance level ($\alpha = 0.05$). If the factors show a significant effect, a post-hoc test using Tukey's test is conducted. EMS induction treatment proved effective in increasing genetic variation and morphological characteristics at certain concentrations. Results showed that the 0.02% EMS concentration significantly increased leaf number in Genotype 1, while Genotypes 2 and 3 showed no significant differences in leaf count. Additionally, EMS at specific concentrations affected leaf width, particularly in Genotype 2, which displayed greater leaf width at 0.01% and 0.04% EMS concentrations. However, leaf length did not exhibit significant changes across all genotypes tested.

Keywords

Chili pepper, *Ethyl Methane Sulfonate*, Mutagenesis, Leaf morphology, Genotype.

Pendahuluan



Cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) tergolong dalam famili terung-terungan (*Solanaceae*). Tanaman ini termasuk golongan tanaman semusim atau tanaman berumur pendek yang tumbuh sebagai perdu atau semak, dengan tinggi dapat mencapai 1,5 m. Tanaman cabai rawit terdiri atas banyak varietas yang jumlahnya tidak diketahui secara pasti. Setiap varietas memiliki keunggulan yang berbeda dari varietas lainnya, yang dilihat dari ukuran atau bobot buah, warna, rasa pedas dan aroma buah, serta daya adaptasi terhadap lingkungan (Zhang *et al.*, 2023).

Cabai rawit memiliki popularitas dan tingkat konsumsi yang sangat besar dan merupakan salah satu komoditas sayuran yang banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia karena memiliki harga jual yang tinggi. Produktivitas cabai rawit di Indonesia saat ini berkisar antara 5,1 hingga 5,5 ton per hektar, dengan peningkatan yang disebabkan oleh penggunaan benih hibrida dan praktik budidaya yang lebih modern. Meskipun demikian, produksi cabai rawit masih mengalami tantangan yang signifikan, terutama terkait kendala cuaca, hama, serta akses terhadap teknologi dan sumber daya pertanian yang memadai (Zahara, 2021). Gambaran tersebut mencerminkan bahwa Indonesia masih mengalami defisit yang cukup besar dalam memenuhi kebutuhan cabai rawit dalam negeri, sehingga untuk mendukung program pemerintah di dalam peningkatan produksi cabai rawit, maka diperlukan usaha pemuliaan tanaman untuk menghasilkan cabai rawit dengan karakter yang diinginkan, yaitu produktivitas yang tinggi (Statista, 2023).

Jumlah cabang pada tanaman dapat mempengaruhi produktivitas buah cabai rawit. Semakin banyak jumlah cabang, maka semakin banyak pula buah cabai rawit yang dihasilkan. Menurut Muáfa (2020), peningkatan jumlah cabang tanaman dapat meningkatkan munculnya bunga sehingga banyaknya cabang akan berpengaruh terhadap banyaknya bunga, hal ini mengakibatkan jumlah cabang produktif dapat menghasilkan jumlah bunga dan buah yang lebih banyak.

Penggunaan *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) dalam pemuliaan tanaman terbukti sangat efektif dalam meningkatkan keragaman genetik dan kualitas tanaman, khususnya pada *Capsicum annuum*. Teknik ini menghasilkan mutasi yang membawa manfaat, termasuk variasi fenotipe seperti perubahan jumlah cabang dan struktur tanaman tanpa efek buruk yang signifikan pada tanaman pangan. Pada generasi kedua (M2), efek EMS tampak dalam bentuk variasi morfologi, seperti daun lebih tebal dan warna daun yang berbeda dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinduksi EMS (Siddique *et al.*, 2020).

Induksi mutagen menggunakan radiasi dan *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) adalah teknik mutasi yang terbukti efektif untuk meningkatkan variasi genetik, termasuk kandungan senyawa bioaktif seperti capsaicin, pada cabai (*Capsicum frutescens* L.). Metode ini mempengaruhi morfologi tanaman, memperkuat ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan, dan memunculkan karakteristik yang diinginkan untuk

Putri Nur Arrufitasari dkk

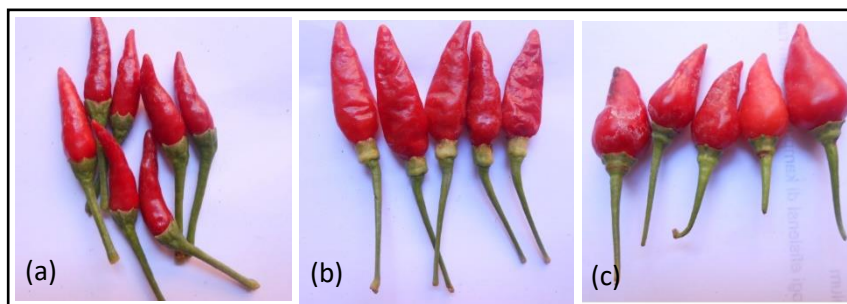
Variasi Morfologi Daun
pada Tiga Genotipe Cabai
Rawit Lokal (*Capsicum
frutescens* L.) akibat
Induksi *Ethyl Methane
Sulfonate*

pengembangan varietas cabai yang lebih berkualitas (Dwinianti *et al.*, 2018., Ogawa., *et al.*, 2015).

Penelitian lain menjelaskan bahwa pada generasi M2 dari *Capsicum annuum*, perlakuan EMS dengan konsentrasi 0,5%, 0,75%, dan 1% menghasilkan berbagai mutan. Beberapa variasi yang muncul meliputi tanaman kerdil dengan warna daun hijau pucat, tanaman dengan tujuh kelopak bunga, tanaman tinggi dengan dua batang utama, tanaman kerdil dengan banyak cabang, dan tanaman dengan daun berwarna hijau pucat (Pharmawati *et al.*, 2018). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh induksi mutagen *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) terhadap struktur morfologi tiga genotipe tanaman cabai rawit lokal.

Metodologi

Penelitian Rancangan percobaan dalam penelitian disusun berdasarkan rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor. Faktor pertama adalah pemberian EMS dalam berbagai konsentrasi (0,01%; 0,02 %; dan 0,04 %) dengan lama perendaman 6 jam. Faktor kedua adalah Genotipe (Genotipe 1, Genotipe 2 dan Genotipe 3) (Gambar 1), perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Biji cabai rawit direndam dan dishaker dalam EMS dengan konsentrasi 0 %; 0,01 %; 0,02 % dan 0,04 % di dalam botol flakon, selama 6 jam. Kemudian ke dalam botol flakon tersebut ditambahkan natrium thiosulfat selama 5 menit untuk menetralkan EMS dan menghentikan pengaruh EMS. Biji tanaman cabai disaring dan dicuci dengan air mengalir selama 15 menit. Biji cabai dikeringkan dengan tissu. Langkah pertama disiapkan polibag dengan diameter 25 cm sebanyak 54 buah. Kemudian polibag diisi media tanah, pupuk kandang, pupuk organik, pupuk arang sekam dengan perbandingan 2:1:1:1, dengan berat per polibag $\pm$ 4,5 kg. Biji cabai rawit lokal genotipe 1, genotipe 2 dan genotipe 3 hasil mutasi disemai pada masing-masing polibag.



Gambar 1: Tiga Genotipe caba rawit lokal; (a) Genotipe 1; (b) Genotipe 2; (c) Genotipe 3

Pengamatan

Pengamatan karakter morfologi tanaman cabai rawit lokal dilakukan setelah tanaman cabai rawit berumur 5 bulan 30 hari ketika tanaman dalam fase generatif yang ditandai dengan produksi buah. Karakter morfologi yang diamati meliputi jumlah daun, panjang daun, lebar daun. Jumlah daun per tanaman diamati dengan menghitung seluruh daun yang ada pada setiap tanaman menggunakan *Handtally counter*. Panjang daun dan lebar daun diukur menggunakan penggaris dengan mengambil 5 buah daun secara acak pada setiap tanaman, pengukuran dengan menggunakan pengaris (Zhang *et al.*, 2022).

Data yang didapatkan dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis varian ANOVA dengan α 5 %. Jika faktor-faktor tersebut berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut menggunakan uji Tukey. Sebelum dilakukan uji ANOVA, dilakukan uji Normalitas (*Kolmogorov-Smirnovtest*) dan homogenitas data (*Levene test*). Jika data tidak homogen maka dilakukan dengan uji *Brown-Forsythe*. Jika hasilnya signifikan maka dilakukan uji lanjutan menggunakan *Gomes-Howell*. Untuk melakukan uji-uji tersebut menggunakan bantuan program SPSS 16,0 for windows.

Hasil dan Pembahasan

Karakter morfologi merupakan karakter yang teramati hasil interaksi dari faktor lingkungan dan faktor genetik. Karakter morfologi secara umum dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu karakter kuantitatif dan karakter kualitatif. Karakter kuantitatif dikontrol oleh banyak gen (*polygenic*). Karakter ini merupakan efek dari interaksi berbagai gen yang ada dalam suatu individu, karakter kuantitatif ini juga dipengaruhi oleh lingkungan, sedangkan karakter kualitatif merupakan karakter yang diturunkan secara monogenetik sehingga faktor lingkungan memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap karakter ini (Nugroho, 2021).

Pengamatan terhadap jumlah daun cabai menunjukkan bahwa pemberian EMS berpengaruh nyata terhadap jumlah daun pada genotipe 1, sementara tidak berpengaruh nyata pada genotipe 2 dan genotipe 3. Genotipe 1 konsentrasi EMS 0,02 %, yaitu menghasilkan jumlah daun yang secara signifikan lebih banyak, yaitu 434,33 dibandingkan konsentrasi yang lain (Tabel 1). Terjadi peningkatan atau penurunan jumlah daun dari tiga genotipe cabai rawit setelah induksi berbagai konsentrasi EMS. Peningkatan terjadi setelah pemberian EMS 0,01 % pada semua genotipe cabai rawit. Penelitian yang telah dilakukan oleh Isnaini (2021) melaporkan bahwa konsentrasi yang lebih tinggi dari 0,01%, jumlah daun cenderung menurun, yang menunjukkan efek penghambatan atau toksik pada tanaman. Menurut Setiawan (2020), perubahan jumlah daun pada genotipe cabai rawit (*Capsicum frutescens*) diamati setelah pemberian berbagai konsentrasi *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) sebagai agen mutagenik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian EMS pada konsentrasi 0,01% menginduksi peningkatan jumlah daun secara konsisten pada genotipe cabai rawit yang diuji, menunjukkan potensi konsentrasi rendah EMS dalam mendorong pertumbuhan vegetatif pada tanaman cabai.

Perlakuan mutasi menggunakan bahan kimia seperti *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) pada tanaman cabai (*Capsicum frutescens*) terbukti efektif dalam menciptakan variasi genetik yang bermanfaat. Pemberian konsentrasi EMS sebesar 0,02% menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah daun dibandingkan dengan konsentrasi lain, serta adanya perubahan kuantitatif pada morfologi tanaman cabai. Efek EMS pada cabai, di mana berbagai konsentrasi EMS digunakan untuk memicu perubahan genetik dan morfologis yang terlihat pada tanaman cabai, khususnya melalui pemantauan variasi molekuler dengan penanda SSR (Dwinianti *et al.*, 2019).

Mutasi menggunakan *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) terbukti efektif dalam menginduksi variasi morfologis pada tanaman cabai, terutama dalam hal peningkatan jumlah daun, percabangan, serta perubahan bentuk daun. Pemberian konsentrasi EMS yang tepat, seperti 0,01% hingga 0,02%, pada beberapa genotipe cabai rawit telah dilaporkan mampu meningkatkan jumlah daun yang signifikan dibandingkan dengan kontrol atau konsentrasi lainnya. Efek ini terjadi akibat induksi mutasi pada sel tanaman yang meningkatkan jumlah percabangan dan bagian-bagian lain dari tanaman yang penting bagi produktivitas (Pharmawati *et al.*, 2018).

Tabel 1 Jumlah Daun pada Berbagai Induksi Konsentrasi EMS

Perlakuan	Jumlah Daun		
	Genotipe 1	Genotipe 2	Genotipe 3
Kontrol (0,00 % EMS)	82,33± 47,35 ^(a)	145,00±110,27 ^(a)	111,00±68,94 ^(a)
EMS 0,01 %	278,67±162,79 ^(ab)	330,67±46,09 ^(a)	281,67±124,5 ^(a)
EMS 0,02 %	434,33±84,79 ^(b)	233,00±120,08 ^(a)	157,00±97,89 ^(a)
EMS 0,04 %	239,67±140,90 ^(ab)	259,33±158,25 ^(a)	224,33±79,10 ^(a)

Keterangan: Angka adalah nilai rata-rata ± standar deviasi. Angka yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata ($\alpha \geq 0,05$)

Pemberian EMS pada genotipe 2 dan genotipe 3 tanaman cabai rawit tidak berpengaruh terhadap jumlah daun (Tabel 1). Menurut Chen *et al.*, (2021), pemberian EMS dilaporkan menghasilkan variasi morfologis yang signifikan, termasuk perubahan ukuran daun, bentuk daun, tekstur permukaan, dan warna. Variasi ini terjadi akibat mutasi yang dipicu oleh EMS pada DNA tanaman, yang mengubah ekspresi gen-gen tertentu yang mengontrol morfologi daun (Yong *et al.*, 2021). Penggunaan konsentrasi EMS yang berbeda juga menghasilkan respon yang bervariasi; konsentrasi rendah cenderung menghasilkan variasi yang moderat, sementara konsentrasi tinggi sering kali memunculkan perubahan morfologi yang ekstrem atau bahkan mengurangi viabilitas tanaman (Ke *et al.*, 2019). Penelitian oleh wijiono (2016) menekankan bahwa selain perubahan morfologi, EMS juga dapat mempengaruhi komponen lain seperti toleransi terhadap stres abiotik dan produktivitas tanaman, menjadikannya alat penting dalam program pemuliaan tanaman modern.

Pengamatan terhadap lebar daun cabai menunjukkan bahwa pemberian EMS tidak berpengaruh nyata terhadap lebar daun pada semua Genotipe. Namun berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan bahwa Genotipe 2 berpengaruh nyata terhadap lebar daun pada pemberian EMS 0,01% dan 0,04%. Genotipe 2 dengan konsentrasi EMS 0,01% dan 0,04% menghasilkan lebar daun yang secara signifikan lebih lebar dibandingkan Genotipe lain dengan rata-rata lebar daun berturut-turut 4,17 cm dan 3,57 cm (Tabel 2).

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) pada tanaman *Capsicum* tidak selalu berdampak signifikan pada lebar daun. Studi tentang berbagai konsentrasi EMS pada *Capsicum annuum*, beberapa perubahan pada warna daun dan bentuk tanaman teramati, tetapi lebar daun tidak mengalami perubahan signifikan secara konsisten. Mutagen EMS lebih sering menghasilkan mutasi seperti perubahan tinggi tanaman atau peningkatan percabangan, daripada memengaruhi ukuran daun secara langsung. Efek mutagenik

EMS bergantung pada konsentrasi dan durasi paparan, yang sering kali lebih memengaruhi aspek lain dari morfologi tanaman tanpa harus memperluas lebar daun (Pharmawati *et al.*, 2018).

Tabel 2 Lebar daun pada berbagai induksi konsentrasi EMS

Perlakuan	Lebar Daun (cm)		
	Genotipe 1	Genotipe 2	Genotipe 3
Kontrol (0,00 % EMS)	1,79±0,09 ^(a)	3,47±1,27 ^(a)	2,39±0,59 ^(a)
EMS 0,01 %	2,39±0,36 ^(a)	4,17±0,71 ^(b)	3,50±0,33 ^(a)
EMS 0,02 %	2,71±0,74 ^(a)	3,68±1,13 ^(a)	3,16±0,72 ^(a)
EMS 0,04 %	1,85±0,56 ^(a)	3,57±0,20 ^(b)	2,87±0,65 ^(a)

Keterangan: Angka adalah nilai rata-rata ± standar deviasi. Angka yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata ($\alpha \geq 0,05$)

Pemberian EMS pada Genotipe 1, Genotipe 2 dan Genotipe 3 tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap lebar daun. Hal ini mungkin disebabkan lama perendaman dan dosis yang kurang tepat. Menurut Manzila (2010), hasil penelitian pada lima Genotipe cabai yang diuji yaitu Jatilaba, ICPN12 No. 4, PBC495, Helem dan Gelora dapat menimbulkan keragaman ukuran daun pada konsentrasi EMS 0,5% dengan perendaman selama 60 menit.

Pengamatan terhadap panjang daun cabai menunjukkan bahwa pemberian EMS tidak berpengaruh nyata terhadap panjang daun pada semua Genotipe. Panjang daun pada tanaman Genotipe 1, Genotipe 2 dan Genotipe 3 cenderung meningkat dengan pemberian konsentrasi EMS 0,01% dengan rata-rata panjang daun masing-masing sebesar 5,53 cm; 7,69 cm; dan 6,90 cm dibandingkan dengan tanaman kontrol (Tabel 3).

Tabel 3 Panjang daun pada berbagai induksi konsentrasi EMS

Perlakuan	Panjang Daun		
	Genotipe 1	Genotipe 2	Genotipe 3
Kontrol (0,00 % EMS)	3,92±0,60 ^(a)	6,55±1,63 ^(a)	5,03±1,84 ^(a)
EMS 0,01 %	5,17±0,55 ^(a)	7,69±1,34 ^(a)	6,90±1,12 ^(a)
EMS 0,02 %	5,53±2,71 ^(a)	6,67±1,68 ^(a)	6,69±1,62 ^(a)
EMS 0,04 %	3,68±1,65 ^(a)	6,60±0,72 ^(a)	5,39±1,62 ^(a)

Keterangan: Angka adalah nilai rata-rata ± standar deviasi. Angka yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata ($\alpha \geq 0,05$)

Panjang daun dan lebar daun cenderung menurun setelah pemberian EMS 0,04% pada semua Genotipe, hal ini mungkin disebabkan selain karna faktor lingkungan namun juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas EMS yang mampu menghambat pembelahan sel meristem apikal dan marginal sehingga menurunkan perluasan daun. Menurut (Bahar, 2009), pemberian EMS 0,1% dan 0,2% menurunkan munculnya daun pada awal perkecambahan gandum yaitu hari ke 3, 4, dan 5 setelah pemberian EMS dan pemberian EMS 0,3% tidak ada daun yang muncul pada perkecambahan gandum dibandingkan tanaman kontrol.

Panjang daun dan lebar daun cenderung menurun setelah pemberian EMS 0,04% pada semua Genotipe, hal ini mungkin disebabkan selain karna faktor lingkungan namun juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas EMS yang mampu menghambat pembelahan sel meristem apikal dan marginal sehingga menurunkan perluasan daun. Menurut Thangwana *et al.*, (2021)

pemberian *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) mengakibatkan terhambatnya perkembangan akar sekunder tanaman kacang. Genotipe 6 memiliki tingkat perkecambahan benih tertinggi (84,4%) pada dosis 0,5% EMS (v/v), sementara Genotipe 4 memiliki tingkat perkecambahan benih terendah (48,9%) pada dosis 2,0% EMS.

Pemberian mutagen *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) diketahui dapat mengurangi ukuran daun pada berbagai jenis tanaman akibat pengaruhnya terhadap pembelahan sel, khususnya pada jaringan meristem apikal dan marginal. Pada tanaman tertentu, peningkatan konsentrasi EMS menurunkan parameter pertumbuhan seperti jumlah dan luas daun, sebagaimana yang ditemukan pada berbagai tanaman eksperimental. Sebagai contoh, pada okra, konsentrasi EMS yang lebih tinggi (misalnya 0,3% hingga 0,5%) mengakibatkan pengurangan jumlah dan luas daun dibandingkan dengan kontrol. Penelitian lain mengenai anggrek juga menunjukkan perubahan fenotipik dan morfologis akibat paparan EMS, termasuk pada daun dan organ lainnya, yang sering kali bermanifestasi sebagai pertumbuhan daun yang terhambat (Rustini *et al.*, 2014).

Kesimpulan

Induksi EMS dengan berbagai konsentrasi berpengaruh nyata terhadap karakter morfologi yaitu pada jumlah daun pada Genotipe 1, sementara tidak berpengaruh nyata pada Genotipe 2 dan Genotipe 3. Pemberian EMS 0,02% pada Genotipe 1 menghasilkan rata-rata jumlah daun yang secara signifikan lebih banyak dibandingkan konsentrasi yang lain, yaitu berturut-turut 10,33 dan 434,33. Tanaman cabai rawit Genotipe 2 berpengaruh nyata terhadap lebar daun pada pemberian EMS 0,01% dan 0,04% yaitu menghasilkan rata-rata lebar daun yang secara signifikan lebih lebar dibandingkan Genotipe lain, yaitu berturut-turut 4,17 cm dan 3,57 cm. Pemberian EMS tidak berpengaruh nyata terhadap panjang daun.

Daftar Pustaka

- Bahar, B., Mahinur S. Akkaya. (2009). Effect of Treatment on Seed Germination in Wheat. *Journal of Applied Biological Science* 3 (1): 59-64.
- Chen, L., Duan, L., Sun, M., Yang, Z., Li, H., Hu, K., Yang, H., Liu. (2023). Current trends and insights on EMS mutagenesis application to studies on plant abiotic stress tolerance and development. *Front. Plant Sci.* Vol 13. DOI 10.3389/fpls.2022.105256
- Dwinianti, E. F., Juliandari, R. R., & Arumingtyas, E. L. (2018). The profile of partial sequence of putative aminotransferase (pAMT) gene and total capsaicinoid content of *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS)-induced chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) mutants. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 19(7-8), 284-292.
- Dwinianti, E. F., Mastuti, R., & Arumingtyas, E. L. (2019). Genetic variation analysis of EMS-induced chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) mutants using SSR markers. *Journal of Tropical Life Science*, 9(3), 223-228.
- Ogawa, K., Murota, K., Shimura, H. (2015). Evidence of capsaicin synthase activity of the Pun1-encoded protein and its role as a determinant of capsaicinoid accumulation in pepper. *BMC Plant Biology*, 15, 93.

- Isnaini, R., & Putra, A. (2021). Efek Konsentrasi EMS Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Rawit. *Jurnal Hortikultura*, 15(3), 45-56.
- Siddique, M. I., Jo, Y. D., Kim, S. H., Kang, H. S., Lee, S. W., & Kang, S. Y. (2020). Development and characterization of an *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) induced mutant population in *Capsicum annuum*. *Plants*, 9(3), 396.
- Ke C, Guan W, Bu S, Li X, Deng Y, Wei Z, et al. (2019). Determination of absorption dose in chemical mutagenesis in plants. *PLoS ONE* 14(1): e0210596. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210596>
- Manzila, I. (2010). Pengaruh Perlakuan *Ethyl Methane Sulfonate* pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) dan Ketahanannya terhadap Chilli Veinal Mottle Virus (ChiVMV). *Jurnal Agrikultura*. 38 (3): 205 – 211.
- Mu'afa, M.H., Djarwatiningsih., Pribadi, D.U. (2020). Pengaruh Waktu Pemangkasan Pucuk terhadap pertumbuhan dan Hasil Tiga Varietas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Plumula*. Vol 8. No.1.
- Nugroho, K., Trikoesoemaningtyas, Syukur, M., Lestari, P. (2021). Analisis Keragaman Genetik Karakter Morfologi Populasi M2 Cabai Hasil Iradiasi Sinar Gamma. *J. Agron. Indonesia*. 49(3):273-279.
- Pharmawati, M., Defiani, M. R., Wrasati, L. P., & Wijaya, I. M. A. S. (2018). Morphological Changes of *Capsicum annuum* L. Induced by *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS) at M2 Generation. *Current Agriculture Research Journal*, 6(1), 45-50.
- Rustini, N.K.D., Pharmawati, M. 2014. Aksi *Ethyl Methane Sulphonate* terhadap Munculnya Bibit dan Pertumbuhan Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *BIOSLOGOS*. 4(1).
- Setiawan, R., et al. (2020). Induksi Mutasi pada Cabai Rawit Menggunakan EMS: Analisis Pertumbuhan dan Morfologi Daun. *Agrivita*, 42(2), 133-140.
- Statista. (2023). Production of pepper in Indonesia from 2013/2014 to 2022/2023. Retrieved from <https://www.statista.com>
- Thangwana, A., Gwata, E.T., Marvelous, Zhou, M. (2021). Impact of chemical mutagenesis using *ethyl methane sulphonate* on tepary bean seedling vigour and adult plant performance. *Heliyon*. Vol.7(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06103>
- Wijiono, R. (2016). Pengaruh Lama Perendaman Dan Konsentrasi Mutagen EMS (*Ethyl Methane Sulfonate*) Terhadap Pertumbuhan Kedelai (*Glycine Max* L.) Varietas Dering 1. Skripsi. UIN Malang.
- Yong, W.T.L., Aswandy, A. K., Cheong, B.E., Rodrigues, K.F. (2021). Mutagenic effects of ethyl methanesulfonate on nine protein coding genes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*. 276, 109739. doi:10.1016/j.scienta.2020.109739.
- Zahara, A. D., Wisnujati, N.S., Siswati, E. (2021). Analisis produksi dan produktivitas cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Indonesia, *Jurnal Universitas Wijaya Kusuma Surabaya*. Vol 21. No 1.
- Zhang. (2022). Research on Measurement Method of Leaf Length and Width Based on Point Cloud. MDPI.
- Zhang, Y., Wang, S., Li, X., & Wang, Y. (2023). Differential effects of domesticated and wild *Capsicum frutescens* L. on microbial community assembly and metabolic functions in rhizosphere soil. *Frontiers in Microbiology*, 14.

Putri Nur Arrufitasari dkk

Variasi Morfologi Daun
pada Tiga Genotipe Cabai
Rawit Lokal (*Capsicum
frutescens* L.) akibat
Induksi *Ethyl Methane
Sulfonate*
