

Pembentukan Populasi Awal Mutan M_0 Gandum (*Triticum Aestivum* L.) Menggunakan Mutagen Kolkisin

Formation of Initial Population of Wheat M_0 Mutant (*Triticum Aestivum* L.) Using the Mutagen Colchicine

Mayasari Yamin^{1*}, Indriati Husain¹, Silviana Arsyad¹, Hasna Dama¹, Taufiq Hidayat RS², Andini Citra Amalia¹, Soraya Wartabone¹

Submission: 19 Oktober 2025, Review: 29 November 2025, Accepted: 25 April 2026

*) Email korespondensi: mayasariyamin@ung.ac.id

¹) Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Prof. Dr. Ing. BJ. Habibie, Moutong, Kabupaten Bone Bolango, Gorontalo, 96113.

²) Pusat Riset Hortikultura, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Raya Bogor-Jakarta, KM. 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, 16915.

ABSTRAK

Impor gandum kian meningkat yang disebabkan karena permintaan konsumsi gandum khususnya olahan gandum, namun tidak diimbangi dengan produksi bahan baku biji gandum. Guna mengatasi masalah tersebut, diperlukan perakitan Varietas Unggul Baru gandum yang adaptif terhadap kondisi lingkungan Indonesia. Perakitan VUB ini diawali dengan pembentukan populasi awal secara konvensional, salah satunya dapat melalui penggunaan mutagen kimia yaitu kolkisin. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi kolkisin yang efektif dalam meningkatkan variasi genetik, meningkatkan variasi genetik pada populasi awal mutan gandum M_0 , memperoleh karakter morfofisiologi yang memiliki nilai koefisien keragaman tinggi, dan memperoleh benih M_1 gandum sebagai calon generasi berikutnya. Metode penelitian ini diawali dengan tahap seleksi benih tetua gandum dari beberapa varietas gandum berdasarkan aspek fisik benih dan karakter komponen hasil, perendaman kecambah menggunakan larutan mutagen kolkisin, dan penanaman kecambah dari benih parent gandum terseleksi menggunakan rancangan acak kelompok terdiri atas lima perlakuan perendaman mutagen kolkisin yaitu tanpa perendaman; perendaman kolkisin 400 ppm; perendaman kolkisin 600 ppm; perendaman kolkisin 800 ppm; dan perendaman kolkisin 1000 ppm. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis mutagen kolkisin 400 ppm merupakan konsentrasi kolkisin yang efektif dan dominan untuk meningkatkan variasi genetik berdasarkan karakter persentase tumbuh, tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang daun. Penggunaan mutagen kolkisin mampu meningkatkan variasi genetik karena bersifat poliploid berdasarkan karakter jumlah stomata yang terbentuk.

Kata kunci: impor; karakter agronomi; mutasi; poliploid; variasi genetik.

ABSTRACT

Wheat imports are increasing due to the demand for wheat consumption, especially processed wheat, but not balanced by the production of wheat seed raw materials. To overcome this problem, it is necessary to assemble New Superior Varieties of wheat that are adaptive to Indonesian environmental conditions. This VUB assembly begins with the formation of an initial population conventionally, one of which can be through the use of chemical mutagens, namely colchicine. This study aims to obtain an effective colchicine concentration in increasing genetic variation, increasing genetic variation in the initial population of M_0 wheat mutants, obtaining morphophysiological characters that have high coefficients of diversity, and obtaining M_1 wheat seeds as candidates for the next generation. This research method begins with the selection stage of wheat parent seeds from several wheat varieties based on the physical aspects of the seeds and the characteristics of the yield components, soaking the sprouts using a colchicine mutagen solution, and planting the sprouts from

the selected wheat parent seeds using a randomized block design consisting of five colchicine mutagen soaking treatments, namely without soaking; 400 ppm colchicine soaking; 600 ppm colchicine soaking; 800 ppm colchicine soaking; and 1000 ppm colchicine soaking. Each treatment was repeated three times. The results showed that 400 ppm of colchicine mutagen was an effective and dominant concentration for increasing genetic variation based on growth percentage, plant height, leaf number, and leaf length. The use of colchicine mutagens increased genetic variation due to its polyploidy properties, which are determined by the number of stomata formed.

Keywords: *import; agronomic characters; mutation; polyploidy; genetic variation.*

I. PENDAHULUAN

Gandum (*Triticum aestivum* L.) merupakan tanaman alloheksaploid dari famili Graminae (poacea) yang berasal dari daerah subtropis. Gandum pertama kali dibudidayakan antara tahun 6500 – 7500 SM di daerah Timur Tengah. Tanaman ini memiliki peranan sebagai pendukung ketahanan pangan dunia dan diversifikasi karena secara global, genotipe ini paling banyak diusahakan di dunia (Yamin, 2014). Oleh karena itu, terjadi peningkatan konsumsi gandum yang tidak diimbangi oleh produksi. Guna memenuhi kebutuhan, Indonesia melakukan impor dari beberapa negara tertinggi dari Australia dengan nilai impor mencapai 891.000,4 kg tahun 2019, 830.000,8 kg tahun 2020, hingga mencapai 4.192.000 kg tahun 2022 dan 4.239.000,6 kg tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2023). Sedangkan, total impor gandum Indonesia dari beberapa negara tahun 2019 sebesar 10.664.000,2 kg, dan terus mengalami peningkatan tahun 2022 sebesar 9.350.000,4 kg; dan tahun 2023 mencapai 10.586.000,6 kg (Badan Pusat Statistik, 2023). Angka impor ini akan terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsumsi gandum sebagai pangan fungsional Indonesia.

Impor gandum dapat dikurangi secara bertahap melalui peningkatan produksi gandum yang diawali dengan produksi varietas unggul baru yang memiliki fenotipe adaptif terhadap kondisi lingkungan Indonesia. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah pemuliaan tanaman secara konvensional. Metode ini mampu meningkatkan keragaman genetik gandum sebagai dasar dalam perakitan varietas unggul baru gandum. Yamin, (2014) dan Yamin *et al.*, (2015) menyatakan generasi F3 gandum hasil hibridisasi (Oasis x HP1744) memiliki keragaman genetik tinggi untuk karakter kehijauan daun bendera dan dikendalikan oleh beberapa gen. Salah satu metode pemuliaan konvensional yang dapat meningkatkan variasi genetik yaitu penggunaan kolkisin. Kolkisin adalah salah satu mutagen yang bekerja menggandakan kromosom melalui penghambatan benang spindle, sehingga menghasilkan tanaman baru yang poliploid. Induksi poliploid dengan mutagen kolkisin dapat dilakukan pada bawang merah varietas SS Sakato sebagai langkah awal pembentukan kultivar unggul baru (Fitriana, 2023). Pharmawati & Wistiani, (2015) menyatakan pemberian 5%, 10%, dan 20% kolkisin menurunkan indeks stomata, namun mampu meningkatkan jumlah kromosom. Husain *et al.*, (2022) menyatukan larutan kolkisin 0 – 0.5% mempengaruhi fenotipe tanaman bawang merah variasi tajuk mutan putatif M₁. Pemberian kolkisin pula mampu meningkatkan variasi genetik tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi kolkisin yang efektif dalam meningkatkan variasi genetik, meningkatkan variasi genetik pada populasi awal mutan

gandum (M₀), memperoleh karakter agronomi yang menunjukkan terjadinya variasi genetik dan memperoleh benih gandum M₁ sebagai calon generasi berikutnya.

II. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo pada Bulan Mei-September 2025.

2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan yaitu benih parent gandum terseleksi dari Varietas Dewata, kertas merang, plastik bening, kolkisin, tanah, pupuk organik (pupuk dasar), biochar, NPK, aquades, NaOH, ATK, spanduk (100 cm x 90 cm), jaring paranet, label benang, kutex bening, dan isolasi bening. Alat yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu mikroskop, kaca preparat, deck gelas, petridish, termometer, erlemeyer, pipet volume, batang pengaduk, ember ($\pm d = 17$ cm), bagan warna daun (BWD), bambu, jangka sorong, timbangan digital, oven, papan alas pengamatan, dan alat tulis menulis.

3. Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan riset pendahuluan untuk seleksi benih berdasarkan viabilitas benih. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri atas lima perlakuan perendaman mutagen kolkisin yaitu P₀ (tanpa perendaman); P₁ (perendaman kolkisin 400 ppm); P₂ (perendaman kolkisin 600 ppm); P₃ (perendaman kolkisin 800 ppm); dan P₄ (perendaman kolkisin 1000 ppm). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Setiap perlakuan dan ulangan terdiri atas dua sampel amatan, sehingga terdapat 30 unit percobaan. Rumus linear rancangan yang digunakan menurut Persamaan I.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

Y_{ij} adalah nilai observasi yang diamati pada perlakuan ke-I dalam kelompok ke-j; μ adalah rata-rata umum dari seluruh observasi; α_i merupakan efek perlakuan ke-i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$); β_j adalah efek kelompok ke-j ($j = 1, 2, 3$), dan ε_{ij} = galat acak (random error) yang terkait dengan observasi Y_{ij} .

Penelitian diawali dengan mengecambahkan benih gandum dari beberapa varietas gandum (calon parent) menggunakan kertas merang, air biasa dan metode uji viabilitas UKDdp (Uji Kertas dikecambahkan didirikan dalam plastik). Benih diletakkan di atas kertas merang yang telah dilapisi plastik dan dibasahi air, bagian ujung bawah kertas merang dipotong sebagai tanda (Qadri *et al.*, 2024; Yamin *et al.*, 2024). Tahap selanjutnya yaitu pembuatan larutan dengan cara bubuk kolkisin dilarutkan ke dalam aquades steril bersamaan dengan 0,5% DMSO. Larutan kolkisin dengan konsentrasi 400 ppm dibuat dengan cara mencampurkan 0.4g bubuk kolkisin ke dalam 1 liter aquades steril, begitu pula untuk konsentrasi lainnya (600 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm) (Aili *et al.*, 2016). Kecambah dari tetua gandum terseleksi (kecambah pada tahap sebelumnya) dipotong bagian ujung akar dan tunas kemudian direndam ke dalam aquades steril terlebih dahulu. Perendaman dilanjutkan dengan larutan kolkisin selama 12 jam dengan konsentrasi sesuai perlakuan. Setelah

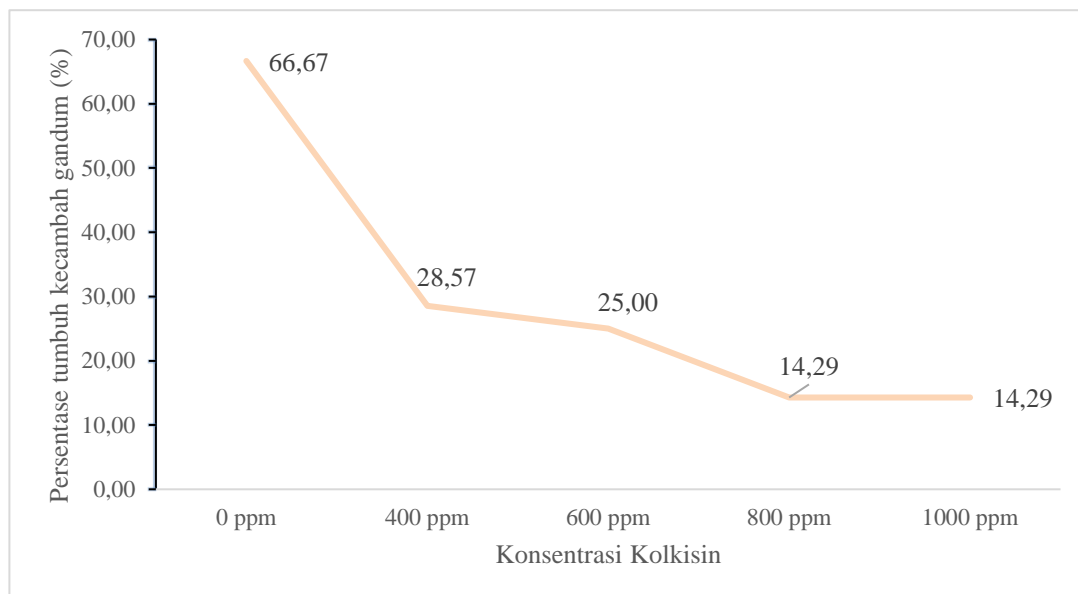
direndam, kecambah gandum diambil dengan cara disaring dan dicuci kembali dengan aquades steril. Data amatan dianalisis menggunakan excel dan minitab 14.

Parameter yang diamati dan diukur yaitu (1) persentase kecambah (%); (2) persentase tumbuh kecambah gandum (%); (3) tinggi tanaman (cm); (4) jumlah daun (helai); (5) panjang daun (cm); (6) diameter batang (mm); dan (7) keragaan stomata daun gandum.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Persentase Tumbuh Kecambah Gandum

Kolkisin (*colchicine*) adalah senyawa kimia yang digunakan untuk menginduksi poliploid pada tanaman. Mekanismenya, kolkisin menghambat pembentukan benang spindel (spindle fiber) saat pembelahan sel mitosis, sehingga kromosom yang telah mengganda tidak terpisah. Hasil yang diperoleh sel menjadi poliploid (memiliki kromosom berlipat ganda). Penggunaan perendaman kolkisin untuk fase perkecambahan memiliki hubungan erat, seperti yang tersaji pada Gambar 1.



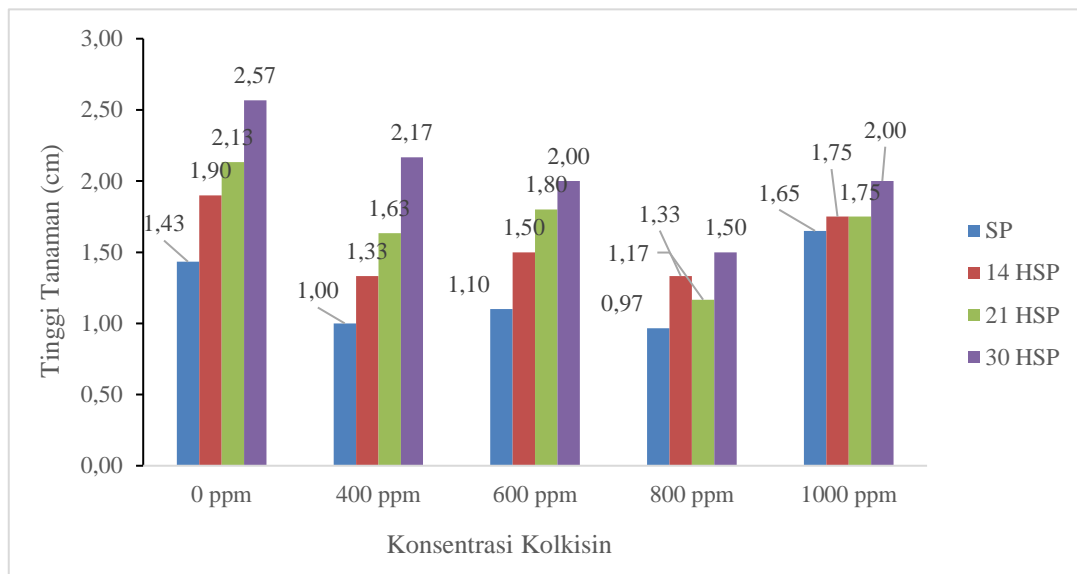
Gambar 1. Persentase tumbuh kecambah gandum menggunakan dosis mutagen kolkisin yang berbeda

Gambar 1 menunjukkan persentase tumbuh kecambah tertinggi dihasilkan pada perlakuan tanpa perendaman kolkisin (0 ppm) dengan persentase kecambah mencapai 66.67% dan terendah dihasilkan untuk dosis mutagen kolkisin 800 ppm dan 1000 ppm. semakin tinggi konsentrasi kolkisin dan semakin lama waktu perendaman, semakin rendah persentase perkecambahan biji gandum. Ahmad Khah, (2024) terjadinya penurunan persentasi viabilitas benih gandum menjadi 68% ($SE = \pm 1,03$) dengan pemberian 0,3% dibandingkan tanpa perendaman kolkisin.

2. Pertumbuhan Tanaman Gandum

Setelah kecambah terbentuk, dilanjutkan dengan perendaman benih sesuai masing-masing perlakuan mutagen kolkisin. Perendaman benih dilaksanakan selama 12 jam dan

dilanjutkan *transplanting* (pindah tanam) ke media tanam di ember untuk verifikasi keragaan yang terbentuk sesuai yang tersaji pada Gambar 2.



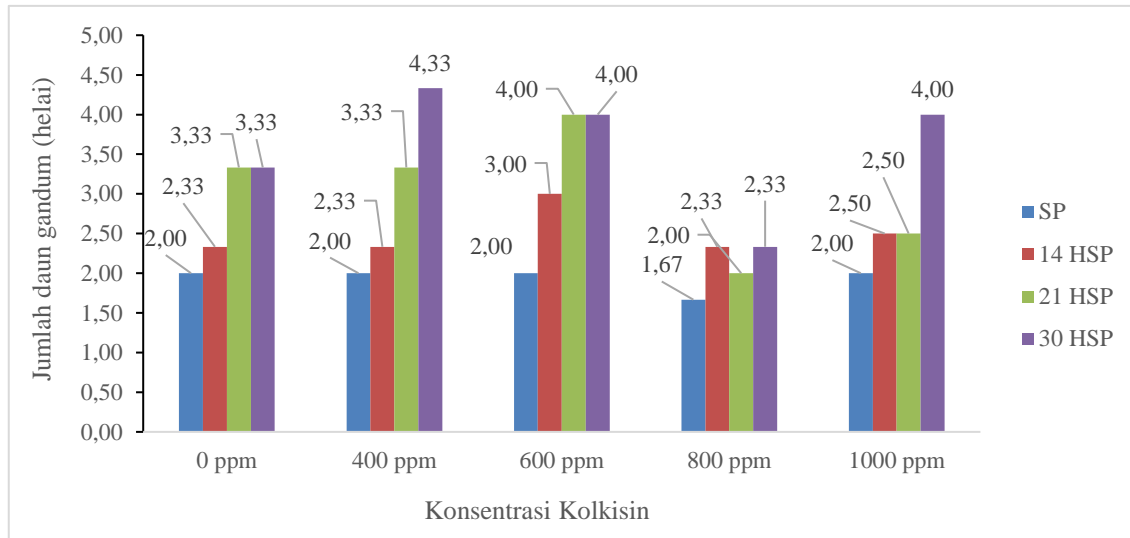
Gambar 2. Rerata tinggi tanaman gandum sebelum perendaman dan setelah perendaman mutagen kolkisin (SP = sebelum perendaman; HSP = hari setelah perendaman)

Gambar 2 menunjukkan sebelum perendaman sudah terjadi perbedaan pertumbuhan kecambah. Setelah dilakukan perendaman kolkisin, untuk masing-masing umur tanaman perlakuan kontrol yang menghasilkan tinggi tanaman tertinggi. Sementara untuk perlakuan yang menggunakan perendaman kolkisin terbaik pada perlakuan 400 ppm. Hal ini disebabkan karena berdasarkan data yang tersaji terjadi kenaikan tinggi tanaman sebesar 1.17 cm saat sebelum perendaman sampai 30 HSP. Perendaman kolkisin 800 ppm termasuk ke perlakuan yang hanya meningkatkan tinggi tanaman sebesar 0.53 cm. Induksi poliploid ditemukan dalam bentuk variasi morfologi seperti panjang daun, ketebalan daun, lebar daun, ukuran stomata, kepadatan stomata, ukuran kuncup, ukuran polong, ukuran biji, berat biji, diameter serbuk sari, dan parameter sitologi termasuk penggandaan genom dalam tanaman tetraploid dibandingkan dengan tanaman diploid untuk konsentrasi kolkisin 0,5% Pandey *et al.*, (2025). Setiap peningkatan dosis kolkisin menyebabkan terjadinya pengurangan tinggi tanaman (Kunene *et al.*, 2025). Begitu pula pada parameter jumlah daun.

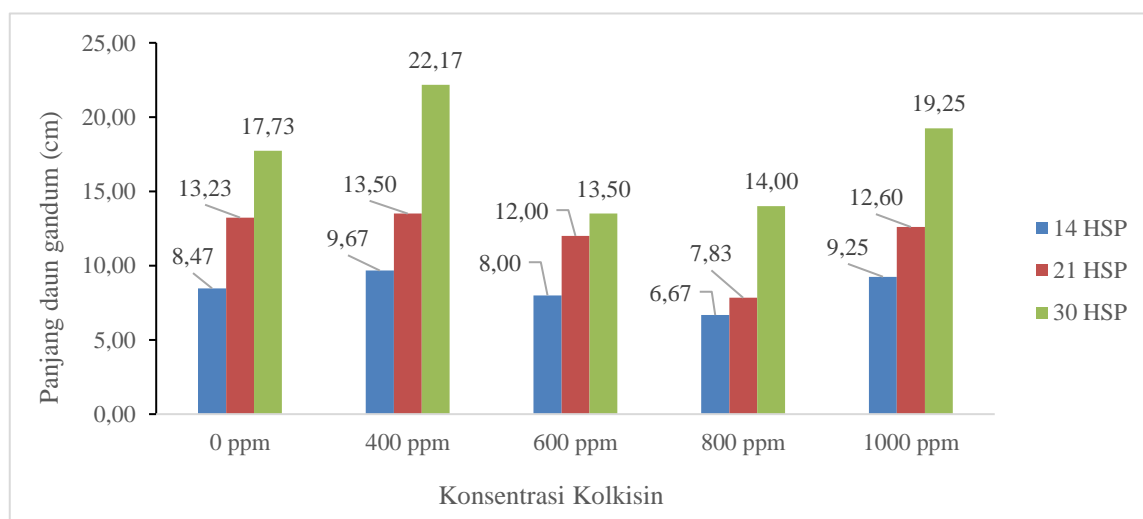
Jumlah daun merupakan salah satu karakter pendugaan pertumbuhan tanaman. Daun juga sebagai salah satu indikator pertumbuhan normal tanaman. Hal ini disebabkan karena daun berperan sebagai lokasi terjadinya proses fisiologi, salah satunya yaitu fotosintesis. Namun, banyaknya daun yang terbentuk pada fase vegetatif juga dapat menghambat pembentukan fase generatif akibat tingginya transpirasi. Karakter jumlah daun gandum tersaji pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan bahwa perlakuan terbaik yaitu pada dosis mutagen kolkisin 400 ppm karena meningkatkan pembentukan daun mencapai 2,33 helai. Berbeda halnya dengan dosis 800 ppm yang hanya meningkatkan rerata jumlah daun mencapai 0,66 helai. Sinaga *et al.*, (2014); Nawalkar & Kumar Verma, (2023) pemberian kolkisin secara signifikan meningkatkan pertumbuhan vegetatif, khususnya dengan lebih

banyak daun. Namun, penggunaan kolkisin pada konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman karena menghambat pembentukan mikrotubulus selama mitosis, yang berakibat pada terganggunya pembelahan sel dan menurunnya pertumbuhan vegetatif tanaman (Zhou *et al.*, 2017).



Gambar 3. Rerata jumlah daun gandum sebelum perendaman dan setelah perendaman mutagen kolkisin (SP = sebelum perendaman; HSP = hari setelah perendaman)



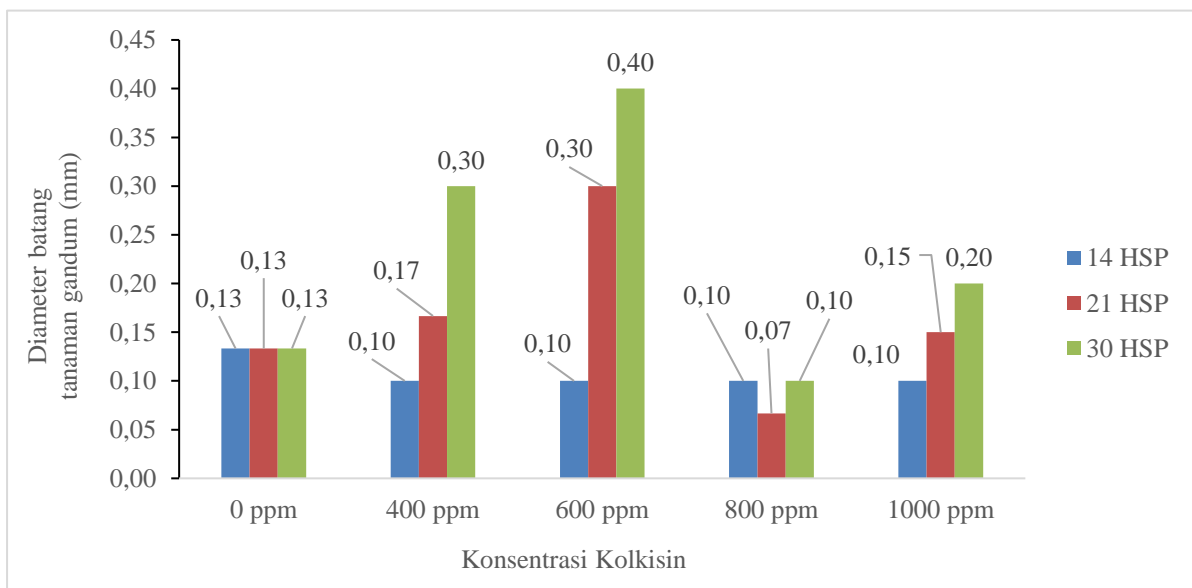
Gambar 4. Rerata panjang daun gandum setelah perendaman mutagen kolkisin (HSP = hari setelah perendaman)

Panjang daun merupakan salah satu karakter morfologi yang sering digunakan sebagai indikator pertumbuhan vegetatif tanaman gandum. Daun yang lebih panjang biasanya menandakan tingkat aktivitas fotosintesis yang tinggi, karena luas permukaan daun yang besar mampu menangkap lebih banyak cahaya matahari. Hal ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan biomassa dan pertumbuhan bagian lain seperti batang dan akar. Karakter panjang daun tersaji pada Gambar 4 yang menunjukkan perlakuan mutagen kolkisin terbaik pada perlakuan 400 ppm karena mampu meningkatkan pertumbuhan

panjang daun dengan rerata mencapai 12,5 cm. Sementara dosis kolkisin yang menghasilkan peningkatan jumlah daun yang rendah yaitu 600 ppm karena hanya mampu meningkatkan rerata panjang daun 5,50 cm. Surson *et al.*, (2024) menyebutkan konsentrasi kolkisin dan lama perendaman mempengaruhi panjang daun tanaman padi. Hubungan antara panjang daun laju fotosintesis sangat erat, semakin panjang daun gandum maka semakin besar kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis yang berdampak terhadap meningkatnya pertumbuhan vegetatif sehingga mampu meningkatkan potensi hasil gandum.

Pharmawati & Wistiani, (2015) menyatakan pemberian 5%, 10%, dan 20% kolkisin menurunkan indeks stomata, namun mampu meningkatkan jumlah kromosom. Husain *et al.*, (2022) Larutan kolkisin 0 – 0.5% mempengaruhi fenotipe tanaman bawang merah variasi tajuk mutan putatif M1. Pemberian kolkisin pula mampu meningkatkan variasi genetik tanaman.

Diameter batang adalah salah satu parameter morfologis penting yang digunakan untuk menilai tingkat pertumbuhan vegetatif tanaman gandum. Semakin besar diameter batang, umumnya menandakan bahwa tanaman memiliki sistem pertumbuhan yang lebih kuat dan normal seperti yang tersaji pada Gambar 5. Dosis perendaman mutagen kolkisin terbaik yaitu 600 ppm karena mampu meningkatkan diameter batang mencapai 0.30 cm saat tanaman berumur 30 hari setelah perendaman, sementara diameter batang terendah yaitu pada perlakuan kontrol (0 ppm kolkisin).



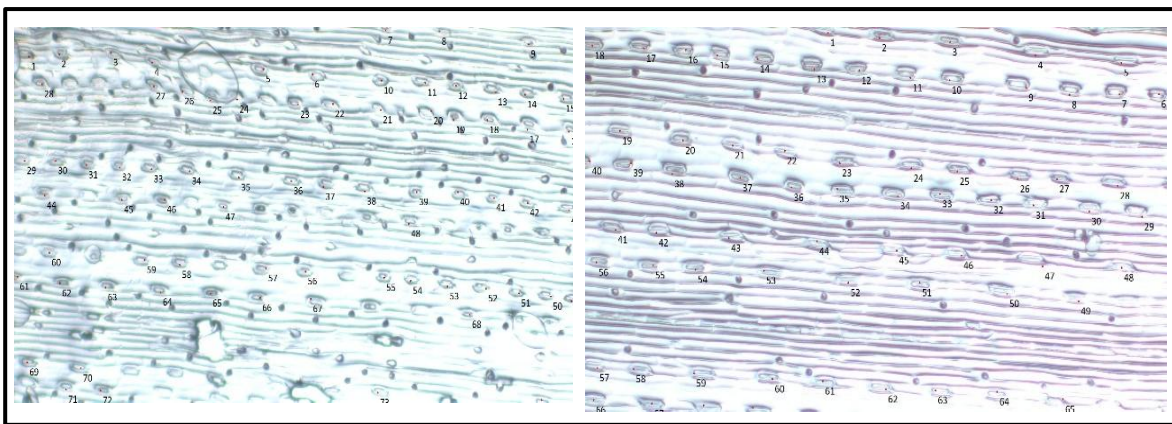
Gambar 5. Rerata diameter batang tanaman gandum setelah perendaman mutagen kolkisin (HSP = hari setelah perendaman)

Yulia *et al.*, (2022) menyatakan perendaman benih *Stylosanthes guianensis* dengan level 25 ppm selama 12 jam mampu meningkatkan ukuran diameter batang dengan level 100 ppm. Terjadinya peningkatan diameter batang pula berkaitan erat dengan akumulasi biomassa ke bagian tanaman yang membutuhkan. Selain itu, batang yang berdiameter besar memiliki pembuluh xilem dan floem yang lebih besar atau lebih banyak, sehingga memperlancar sirkulasi air dan zat makanan. Sirkulasi yang efisien ini mendukung pertumbuhan organ lain seperti daun dan malai, serta meningkatkan efisiensi fotosintesis dan

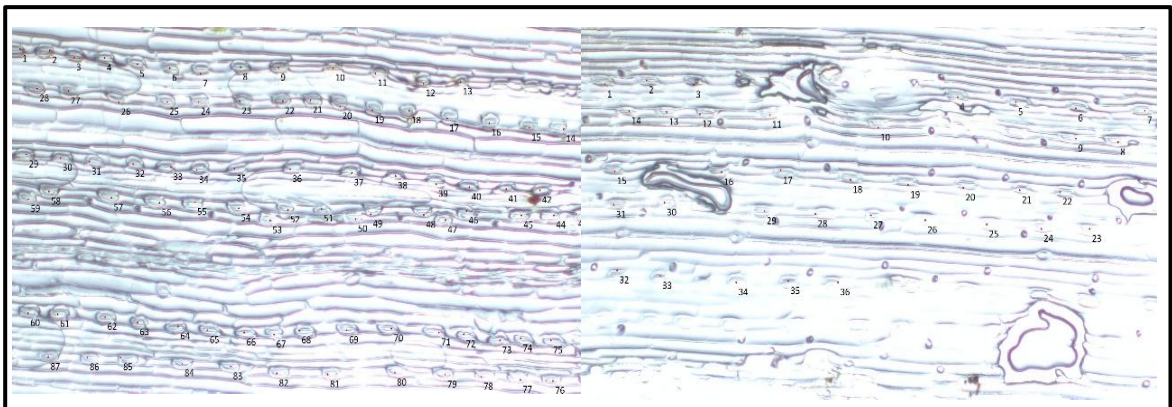
pembentukan biji. Sun *et al.*, (2019) Biomassa tanaman diperkirakan dapat meningkat dengan meningkatnya diameter batang dimana diameter batang mencerminkan akumulasi jaringan sekunder, pengangkutan air yang diatur oleh efisiensi xilem primer.

3. Keragaan Stomata Gandum

Selain beberapa karakter amatan dalam pembentukan populasi M0 gandum juga diamati untuk karakter stomata daun masing-masing perlakuan (Gambar 6), yang menyajikan keragaan stomata antara kontrol (0 ppm) yang dibandingkan perlakuan kolkisin dengan dosis 0 ppm. Nampak adanya perbedaan jumlah stomata, dimana jumlah stomata terbanyak yaitu pada perendaman 0 ppm kolkisin dibandingkan dengan dosis kolkisin 400 ppm.



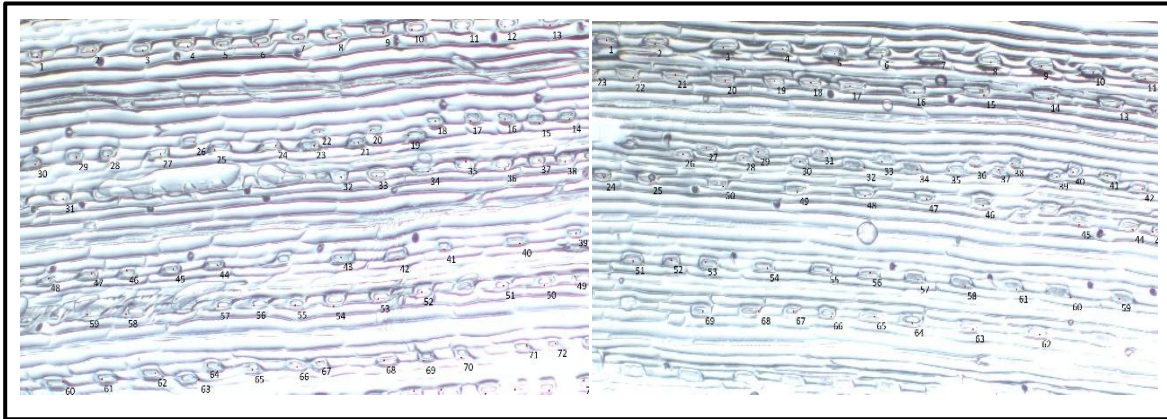
Gambar 6. Keragaan stomata antara perlakuan perendaman kolkisin 0 ppm dan 400 ppm



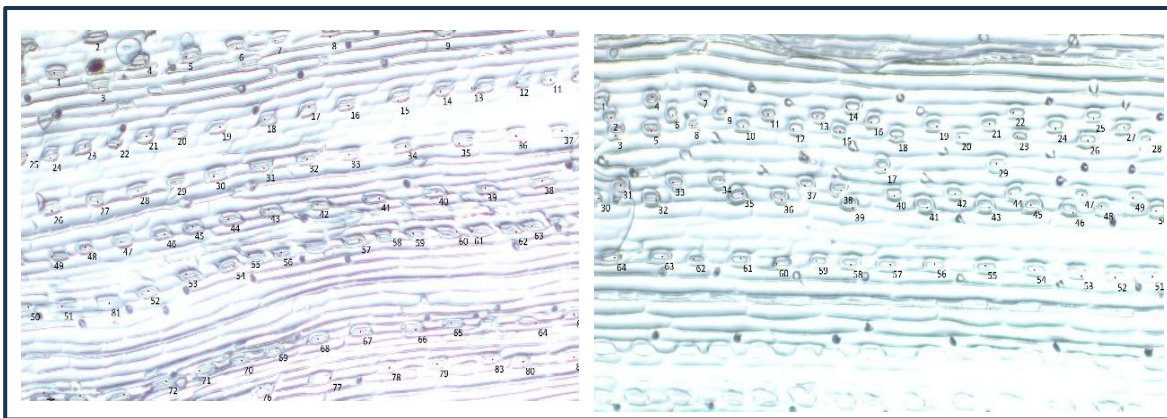
Gambar 7. Keragaan stomata antara perlakuan perendaman kolkisin 0 ppm dan 600 ppm

Pemberian kolkisin secara tidak langsung mampu mempengaruhi jumlah, ukuran, dan distribusi stomata melalui perubahan tingkat ploidi sel. Fathurrahman *et al.*, (2024) Konsentrasi kolkisin 0.4% menyebabkan tanaman bersifat poliploidi dimana kepadatan stomata yang diinduksi mengalami penurunan. Namun, stomata menjadi lebih besar dan lebar dengan peningkatan jumlah kloroplas dalam sel penutup. Hal yang sama pula terjadi pada Gambar 7 – Gambar 9 yang menunjukkan bahwa jumlah stomata lebih banyak dihasilkan yang tidak menggunakan perendaman kolkisin (0 ppm). Gambar 8 dengan jumlah stomata kontrol mencapai 87 stomata dan dosis kolkisin 600 ppm hanya menghasilkan

stomata 36. Gambar 9, jumlah stomata yang dihasilkan pada 0 ppm kolkisin yaitu 87 stomata sedangkan perlakuan perendaman kolkisin dengan dosis 800 ppm menghasilkan jumlah stomata 69 stomata. Hal ini disebabkan kolkisin merupakan segregasi kromosom (Manzoor *et al.*, 2019) kolkisin merupakan penghambat mitosis yang banyak digunakan untuk menginduksi poliploidi tanaman selama pembelahan sel dengan menghambat segregasi kromosom.



Gambar 8. Keragaan stomata antara perlakuan perendaman kolkisin 0 ppm dan 800 ppm



Gambar 9. Keragaan stomata antara perlakuan perendaman kolkisin 0 ppm dan 1000 ppm

Sementara Gambar 9 menghasilkan jumlah stomata untuk perlakuan 0 ppm sebanyak 81 stomata. Sementara untuk perlakuan kolkisin dengan dosis mencapai 1000 ppm, hanya menghasilkan jumlah stomata sebanyak 64. Sehingga, secara fisiologis menggunakan perendaman kolkisin mengakibatkan terjadinya penurunan jumlah stomata. Namun, mampu meningkatkan ukuran stomata, efisiensi air tinggi, dan pertumbuhan dan vigor. Singh *et al.*, (2025) Tanaman poliploidi seringkali menghasilkan peningkatan yang signifikan pada pertumbuhan tanaman, vigor, dan kandungan metabolit sekunder tanaman.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis mutagen kolkisin 400 ppm merupakan konsentrasi kolkisin yang efektif dan dominan untuk meningkatkan variasi genetik gandum berdasarkan karakter persentase tumbuh, tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang daun.

Penggunaan mutagen kolkisin juga mampu meningkatkan variasi genetik dengan sifat poliploidi berdasarkan karakter jumlah stomata yang terbentuk.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Gorontalo atas dukungan, pendanaan, dan fasilitasi dalam pelaksanaan penelitian ini melalui program Riset Akselerasi Kolaborasi Perguruan Tinggi skema RAPN dengan nomor kontrak Penelitian 586/UN47.D1/PT.01.03/2025 tanggal 27 Mei 2025. Apresiasi pula penulis sampaikan untuk Badan Perakitan dan Pengujian Tanaman Serealia atas penyediaan benih gandum Var. Dewata sebagai materi genetik pada penelitian ini.

VI. REFERENSI

- Ahmad Khah, M. (2024). Investigating the effects of colchicine on seed germination and morphological traits in durum wheat (*Triticum turgidum* subs. durum Desf.). *International Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 13(10), 1516–1520. <https://doi.org/10.62226/ijarst20242516>
- Aili, E. N., Respatijarti, R., & Sugiharto, A. N. (2016). Pengaruh Pemberian Kolkisin Terhadap Penampilan Fenotip Galur Inbrida Jagung Pakan (*Zea mays* L.) Pada Fase Pertumbuhan Vegetatif. *Jurnal Produksi Tanaman*, 4(5), 370–377.
- AR, T., Asra, R., Megasari, R., Arnama, I. N., & Yamin, M. (2024). Pertumbuhan dan Produksi Padi (*Oryza sativa* L.) Hasil Priming Berbagai Konsentrasi PEG-6000 pada Cekaman Kekeringan. *Journal Galung Tropika*, 13(2), 268–278. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i2.1272>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Impor Biji Gandum dan Meslin Menurut Negara Asal Utama*.
- Fathurrahman, F., Ulpah, S., Sodiq, N. A. M., & Mahadi, I. (2024). The effect of colchicine treatment on phenotype and genotype characteristics of Detam-2 variety of soybean Glycine max. *Biodiversitas*, 25(3), 1230–1238. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250339>
- Fitriana, M. (2023). *Induksi Mutasi Bawang Merah (Allium ascalonicum L.) Menggunakan Berbagai Konsentrasi Kolkisin*. (In Skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).
- Husain, I., Surdaya, T., & Purnomo, S. H. (2022). Induksi Mutasi Menggunakan Kolkisin pada Umbi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Varietas Tajuk. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.29244/jhi.13.1.1-7>
- Kunene, E. N., Huang, J.-Z., & Fang, J.-Y. (2025). Colchicine induces polyploidization in sweet marjoram (*Origanum majorana*). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 49, 100669. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2025.100669>
- Manzoor, A., Ahmad, T., Bashir, M. A., Hafiz, I. A., & Silvestri, C. (2019). Studies on colchicine induced chromosome doubling for enhancement of quality traits in ornamental plants. *In Plants MDPI AG*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/plants8070194>

- Nawalkar, P., & Kumar Verma, S. (2023). Impact of colchicine on cowpea plant growth and yield characteristics (*Vigna unguiculata* L. Walp). ~ 1152 ~ *The Pharma Innovation Journal*, 12(9), 1152–1159. www.thepharmajournal.com
- Pandey, P., Kumar, G., & Verma, A. K. (2025). Effect of colchicine treatment and polyploidy induction on morphological, biochemical, and cytological characteristics of *Lepidium sativum* Linn.. *South African Journal of Botany*, 184, 1110–1123. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.07.009>
- Pharmawati, M., & Wistiani, N. L. A. J. (2015). Induksi Mutasi Kromosom dengan Kolkisin Pada Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Kultivar ‘Kesuna Bali. *Jurnal Bios Logos*, 5(1).
- Qadri, S. N., Yamin, M., & Darwis, D. (2024). Pengujian Viabilitas dan Vigor Benih Beberapa Varietas Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). *PERBAL: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 12(1), 128–136.
- RS, T. H., & Marjani, M. (2018). Teknik Pematahan Dormansi Dua Aksesori Benih Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Untuk Meningkatkan Daya Berkecambah Benih. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 10(2), 72–81. <https://doi.org/10.21082/btms.v10n2.2018.72-81>
- Sinaga, E. Juliyanti, Bayu, E. S., & Hasyim, H. (2014). Pengaruh Konsentrasi Kolkisin Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1238–1244.
- Singh, B., Yun, S., Gil, Y., & Park, M. H. (2025). The Role of Colchicine in Plant Breeding. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(14). <https://doi.org/10.3390/ijms26146743>
- Sun, J., Wang, M., Lyu, M., Niklas, K. J., Zhong, Q., Li, M., & Cheng, D. (2019). Stem diameter (and not length) limits twig leaf biomass. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00185>
- Surson, S., Sitthaphanit, S., Prachachit, J., Jitjak, T., & Wongkerson, K. (2024). Effects of Colchicine on the Morphology and Agricultural Characteristics of RD.43 Thai Rice Variety. *Indian Journal Of Agricultural Research*, (Of). <https://doi.org/10.18805/IJARE.AF-906>
- Tamindžić, G., Ignjatov, M., Miljaković, D., Červenski, J., Milošević, D., Nikolić, Z., & Vasiljević, S. (2023). Seed Priming Treatments to Improve Heat Stress Tolerance of Garden Pea (*Pisum sativum* L.). *Agriculture*, 13(2), 439. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020439>
- Yamin, M. (2014). *Pendugaan Komponen Ragam Karakter Agronomi Gandum (Triticum aestivum L.) dan Identifikasi Marka Simple Sequence Repeat (SSR) Terpaut Suhu Tinggi Menggunakan Bulk Segregant Analysis (BSA)*. (In Thesis, Institut Pertanian Bogor). Bogor. 107 hal.
- Yamin, M., Arsyad, S., & Puspitasari, I. (2025). Seleksi dan Aksi Gen Karakter Morfologi Kecambah Padi Varietas Inpari Nutri Zinc Berdasarkan Analisis Korelasi dan Sidik Lintas. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 13(3), 358–369.
- Yamin, M., Efendi, D., & Trikoesoemaningty. (2015). Pendugaan parameter genetik populasi F3 dan F4 tanaman gandum persilangan Oasis x HP 1744. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 34(3), 237–245.

-
- Yamin, M., Hama, S., & Hidayat RS, T. (2018). Agronomic Characters of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grown Using Two Cropping Systems in Medium Land of Palopo City. *Agrotech Journal*, 3(1). <https://doi.org/10.31327/atj.v3i1.503>
- Yamin, M., & Qadri, S. N. (2023). Aplikasi Teknik Hydropriming untuk Meningkatkan Invigorasi Benih Kapas Cokelat pada Tahap Perkecambahan. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 11(3), 399–407. <https://doi.org/10.30605/perbal.v11i3.3011>
- Yamin, M., Qadri, S. N., & Hidayat, T. R. (2024). Uji Viabilitas, Vigor, dan Pendugaan Aksi Gen Varietas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Berdasarkan Karakter Agronomi. *Jurnal Galung Tropika*, 13(1), 127–136. <https://doi.org/10.31850/jgt.v13i1.1144>
- Yulia, N., Prihantoro, I., & Karti, P. D. M. H. (2022). Optimasi Penggunaan Mutagen Kolkisin untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman Stylo (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw.). *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 20(1), 19–24. <https://doi.org/10.29244/jintp.20.1.19-24>
- Zhou, K., Fleet, P., Nevo, E., Zhang, X., & Sun, G. (2017). Transcriptome analysis reveals plant response to colchicine treatment during on chromosome doubling. *Scientific Reports*, 7(1), 8503. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08391-2>