

# Studi eksperimental: Perbandingan kualitas preparat squash akar bawang merah (*Allium cepa*) berdasarkan durasi fiksasi



Rizka Claudya Supratman <sup>a\*</sup>, Andika Wahyu Bagus Sanjaya <sup>b</sup>, Sri Wahyuni <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Laboratorium Biologi

<sup>b</sup> Universitas Muhammadiyah Malang

\* Alamat korespondensi : rizkaclaudyass@gmail.com

## ABSTRAK

Metode squash merupakan teknik preparasi jaringan untuk observasi mikroskopis dengan cara memencet (squash) potongan jaringan. Salah satu tahapan dalam pembuatan preparat pada metode ini yaitu tahap embedding (fiksasi). Fiksasi memiliki peran krusial dalam menjaga stabilitas struktur sel dan jaringan selama proses pewarnaan dan pengamatan. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi durasi fiksasi terhadap kualitas preparat squash akar bawang merah (*Allium cepa*). Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan larutan fiksatif FAA (Formalin-Acetic Acid-Alcohol). Dua durasi fiksasi diterapkan, yaitu 30 menit dan 24 jam, untuk mengamati pengaruhnya terhadap kejelasan struktur sel dan kualitas latar belakang preparat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi fiksasi berpengaruh signifikan terhadap kualitas preparat. Fiksasi selama 30 menit menghasilkan latar belakang lebih terang dan lebih bersih, dengan struktur dinding sel dan kromosom yang cukup tegas, sehingga memudahkan analisis yang lebih detail. Sebaliknya, fiksasi selama 24 jam menghasilkan latar belakang lebih gelap akibat intensitas resapan pewarnaan yang lebih tinggi, struktur sel dan kromosom terlihat lebih terwarnai. Perbedaan ini disebabkan oleh penetrasi larutan fiksatif yang lebih dalam pada durasi fiksasi yang lebih lama. Kesimpulannya, durasi fiksasi memengaruhi kualitas preparat squash, dengan fiksasi selama 30 menit memberikan hasil lebih optimal untuk pengamatan mikroskopis karena tingginya perbedaan kontras pada kromosom dengan warna latar belakangnya yang bersih dan terang.

Kata kunci : Preparat, Squash, Mitosis sel, Fiksasi

## PENDAHULUAN

Pengamatan mitosis menggunakan metode squash telah menjadi salah satu pendekatan yang sangat penting dalam bidang sitologi untuk mempelajari pembelahan sel. Teknik ini memungkinkan pengamatan langsung terhadap struktur dan dinamika pembelahan sel pada jaringan tertentu dengan cara yang relatif sederhana dan efisien. Salah satu model biologis yang sering digunakan dalam penelitian ini adalah bawang merah (*Allium cepa*). Bawang merah dipilih karena memiliki keunggulan berupa ukuran sel yang besar dengan jumlah kromosom yang sedikit sehingga sangat cocok digunakan untuk studi eksperimental mitosis (Abdullah et al., 2017). Pemilihan bagian ujung akar dikarenakan aktivitas mitosis yang tinggi terdapat jaringan meristematik pada ujung akar dan ujung batang. Dengan teknik squash, jaringan

tanaman diratakan untuk menghasilkan lapisan tipis sehingga struktur seluler dapat diamati dengan jelas di bawah mikroskop. Muhlisyah., et al, (2014) menjelaskan Teknik ini bertujuan agar didapatkan preparat yang baik yaitu hanya terdiri dari selapis sel, terpisah-pisah, tidak tumpang tindih, tidak terpecah – pecah dan tidak terdenaturasi. Namun, meskipun metode ini cukup sederhana, kualitas hasil preparat sangat dipengaruhi oleh langkah-langkah persiapan, terutama pada tahap fiksasi, yang berfungsi menjaga stabilitas dan integritas struktur sel selama proses preparasi.

Fiksasi merupakan tahap awal dalam proses pembuatan preparat histologi yang bertujuan untuk mengawetkan struktur dan unsur – unsur jaringan agar dalam keadaan yang sama dengan keadaan asli jaringan (Salsabila et al., 2023). Menurut (Hardi et al., 2024) fiksasi berfungsi untuk mempertahankan struktur jaringan dan mencegah degradasi yang disebabkan oleh enzim yang dilepaskan oleh sel. Proses ini melibatkan penggunaan larutan fiksatif yang bekerja dengan cara menginaktivasi enzim proteolitik dan menjaga struktur protein, sehingga jaringan tetap utuh selama proses pewarnaan dan pengamatan mikroskopis.

Larutan fiksatif FAA (Formalin, Asam asetat, Alkohol) digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kombinasi bahan kimia yang efektif untuk jaringan tanaman. Larutan fiksasi ini akan mampu menembus jaringan dengan cepat, sehingga menyebabkan penyusutan struktur jaringan yang diimbangi oleh larutan asam asetat yang mampu mempertahankan cairan dalam jaringan, dan ini terjadi karena adanya sifat ikatan silang dengan formalin yang membantu memperkuat struktur jaringan sehingga stabilitas jaringan tetap terjaga (Ilham et al., 2024). Asam asetat juga akan membantu dalam denaturasi protein histon, yang pada akhirnya memperjelas struktur kromosom. Alkohol bertindak sebagai agen dehidrasi untuk mengurangi kadar air, sehingga jaringan dapat menyerap pewarna dengan lebih baik.

Durasi fiksasi menjadi salah satu variabel penting yang memengaruhi keberhasilan fiksasi jaringan. Proses ini membutuhkan waktu yang cukup untuk memastikan larutan fiksatif mampu menembus hingga ke bagian terdalam jaringan secara merata. Durasi fiksasi yang terlalu singkat dapat menyebabkan jaringan tidak terfiksasi dengan sempurna, sehingga struktur seluler menjadi rapuh dan sulit diamati. Muthiawati et al., (2023) menjelaskan bahwa jaringan yang tidak terfiksasi dengan akan menunjukkan fiksasi zinal sebagai hasil dari larutan dehidrasi yang menyelesaikan proses fiksasi menuju bagian dalam jaringan sehingga hal ini dapat mengubah morfologi jaringan dan mempengaruhi sifat pewarnaannya. Sebaliknya, durasi fiksasi yang terlalu lama dapat menyebabkan jaringan menjadi terlalu keras, kehilangan fleksibilitas, atau menghasilkan latar belakang yang terlalu gelap akibat resapan pewarna yang berlebihan. Menurut teori difusi, waktu yang diperlukan larutan fiksatif untuk meresap ke dalam jaringan dipengaruhi oleh konsentrasi larutan, jenis jaringan, dan suhu. Oleh karena itu, penentuan durasi fiksasi yang tepat sangat penting untuk menghasilkan preparat dengan kualitas yang optimal.

Tahap berikutnya setelah fiksasi adalah pewarnaan, yang berfungsi untuk meningkatkan kontras antara struktur seluler dan latar belakang sehingga mempermudah pengamatan. Dalam penelitian ini, pewarna hematoksilin digunakan karena afinitasnya yang tinggi terhadap struktur asam dalam sel, seperti DNA dan RNA. Dalam penelitiannya (Ortiz-Hidalgo & Pina-Oviedo, 2019) menjelaskan bahwa hematoksilin mampu mewarnai kromatin

dalam inti sel yang merupakan kompleks makromolekul terbuat dari asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA) serta beberapa protein yang lain. Pewarna ini memberikan warna ungu gelap pada kromosom, yang membantu mengidentifikasi tahapan mitosis, termasuk profase, metafase, anafase, dan telofase. Pewarnaan yang berhasil bergantung pada kondisi jaringan yang telah difiksasi. Jika jaringan tidak terfiksasi dengan baik, pewarna tidak akan terserap secara optimal, sehingga struktur seluler terlihat kabur atau tidak jelas. Sebaliknya, jika fiksasi terlalu lama, pewarna dapat menempel secara berlebihan pada jaringan, menghasilkan latar belakang yang gelap dan menurunkan kontras visual.

Selain teori difusi, teori stabilisasi membran sel juga relevan dalam memahami proses fiksasi. Formalin, sebagai komponen utama larutan FAA, membentuk ikatan silang antara molekul protein, sehingga menciptakan struktur jaringan yang stabil. Stabilitas ini penting untuk mencegah kerusakan jaringan selama proses squash, di mana jaringan dipipihkan untuk mendapatkan lapisan tipis. Teori lain yang relevan adalah teori stabilisasi kromatin. Asam asetat dalam larutan fiksatif membantu membuka struktur kromatin sehingga pewarna dapat menempel dengan lebih baik pada DNA. Proses ini menghasilkan visualisasi kromosom yang lebih jelas, yang sangat penting untuk pengamatan tahap-tahap mitosis.

Dalam penelitian ini, dua durasi fiksasi yang berbeda, yaitu 30 menit dan 24 jam, diaplikasikan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap kualitas preparat squash akar bawang merah. Durasi 30 menit dipilih untuk merepresentasikan fiksasi singkat, sedangkan 24 jam mewakili fiksasi yang lebih lama. Hasil dari kedua durasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang bagaimana waktu fiksasi memengaruhi kualitas struktur seluler, kejelasan kromosom, serta kontras antara struktur sel dan latar belakang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi durasi fiksasi terhadap kualitas preparat squash akar bawang merah (*Allium cepa*). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang relevan mengenai durasi fiksasi yang optimal, yang menghasilkan preparat dengan struktur kromosom yang jelas, latar belakang yang terang, dan pewarnaan yang merata. Hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada optimasi teknik preparasi jaringan untuk studi sitologi, tetapi juga dapat digunakan sebagai panduan dalam pendidikan biologi, khususnya untuk pengamatan mitosis pada jaringan tanaman. Lebih jauh lagi, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk penelitian lanjutan yang bertujuan untuk mengembangkan teknik preparasi jaringan pada spesies tanaman lain atau untuk aplikasi yang lebih spesifik dalam studi biologi sel dan molekuler.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen laboratorium untuk mengkaji pengaruh variasi durasi fiksasi terhadap kualitas preparat squash akar bawang merah (*Allium cepa*). Variasi durasi fiksasi yang diterapkan adalah 30 menit dan 24 jam. Penelitian dilakukan dengan mengamati struktur seluler dan kromosom menggunakan mikroskop, serta mengevaluasi kualitas latar belakang preparat. Parameter utama yang diamati meliputi kejelasan struktur kromosom, tingkat kontras pewarnaan, dan latar belakang preparat. Populasi dalam penelitian ini adalah akar bawang merah (*Allium cepa*) yang digunakan sebagai objek pengamatan mikroskopis. Sampel yang digunakan adalah ujung akar bawang sebanyak 25 umbi bawang

merah, yang digunakan untuk masing-masing durasi fiksasi, yaitu 30 menit dan 24 jam. Akar bawang yang digunakan diambil secara purposif dengan panjang 0,5 cm dari bagian ujung akar untuk memastikan bahwa zona meristematik yang kaya akan aktivitas mitosis menjadi objek pengamatan.

Peneliti hadir secara langsung selama seluruh tahapan penelitian untuk memastikan kelancaran proses dan validitas hasil. Subjek penelitian adalah ujung akar bawang merah yang menjadi objek pengamatan mikroskopis. Kehadiran peneliti juga mencakup supervisi pada proses preparasi jaringan, pemantauan durasi fiksasi, serta evaluasi hasil preparat. Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi mikroskop cahaya untuk pengamatan struktur seluler dan kromosom, larutan fiksatif FAA yang terdiri dari formalin, asam asetat, dan alkohol dengan perbandingan 70:20:10, pewarna hematoksilin untuk meningkatkan kontras struktur kromosom, alkohol dan cuka untuk mendehidrasi jaringan, serta alat preparasi seperti kaca objek, kaca penutup, pisau bedah, pinset, pipet tetes. Wadah perlakuan seperti botol flakon digunakan untuk merendam akar dalam larutan fiksatif, gelas arloji digunakan untuk proses pewarnaan menggunakan hematoksilin dan proses perendaman dengan alkohol cuka, serta timer digunakan untuk memastikan durasi fiksasi sesuai perlakuan.

Data yang diperoleh dianalisis secara kualitatif berdasarkan kriteria kejelasan struktur kromosom, tingkat kontras pewarnaan, dan kualitas latar belakang preparat. Analisis dilakukan dengan pengamatan visual melalui mikroskop cahaya pada pembesaran 400× dan 1000x, dan hasil evaluasi dinilai secara deskriptif untuk menggambarkan pengaruh masing-masing durasi fiksasi. Informan yang berpartisipasi dalam penelitian ini adalah dosen pembimbing dan tiga asisten laboratorium yang memberikan masukan dan panduan selama penelitian berlangsung. Informasi tambahan digali melalui studi literatur dari buku, jurnal, dan sumber ilmiah lainnya untuk memperkaya analisis data dan membandingkan hasil penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium biologi Universitas Muhammadiyah Malang, yang dilengkapi dengan fasilitas yang mendukung proses preparasi jaringan dan observasi mikroskopis. Penelitian dilakukan selama dua hari. Pada hari pertama, dilakukan fiksasi ujung akar bawang dengan variabel durasi fiksasi selama 24 jam. Pada hari kedua, seluruh rangkaian proses pembuatan preparat dilakukan, termasuk preparat dengan durasi fiksasi 30 menit. Validasi hasil penelitian dilakukan dengan melibatkan satu dosen pengampu dan tiga orang asisten laboratorium biologi Universitas Muhammadiyah Malang. Mereka memberikan evaluasi terhadap kejelasan struktur kromosom, tingkat kontras pewarnaan, dan kualitas latar belakang preparat. Uji coba berulang dilakukan pada masing-masing durasi fiksasi untuk memastikan konsistensi hasil. Feedback dari dosen dan asisten laboratorium digunakan sebagai acuan untuk mengonfirmasi validitas hasil pengamatan.

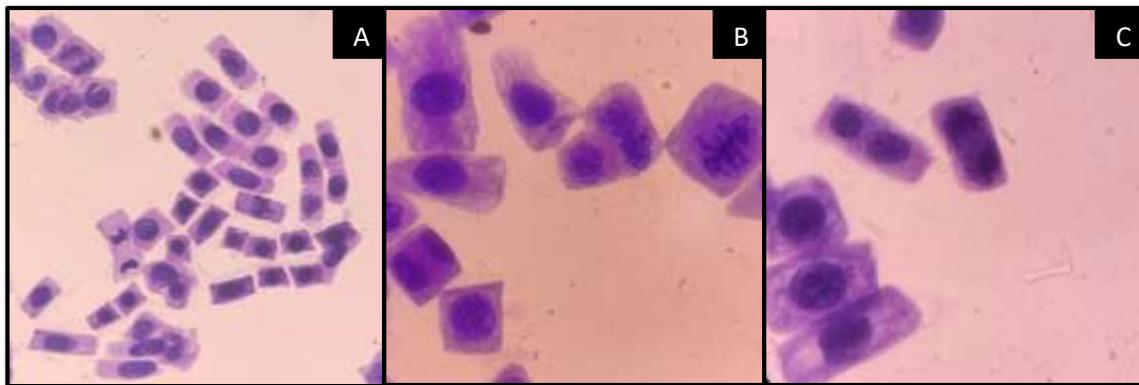
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak durasi fiksasi terhadap kualitas preparat jaringan akar bawang merah (*Allium cepa*), terutama dalam aspek kejelasan kromosom, kontras antara kromosom dengan dinding sel, serta latar belakang preparat. Penelitian ini penting karena durasi fiksasi merupakan salah satu faktor kunci dalam

menentukan kualitas preparat mikroskopis. Dua durasi fiksasi yang diuji adalah 30 menit dan 24 jam.

Proses penelitian dimulai dengan pengambilan jaringan meristematik pada ujung akar bawang merah sepanjang  $\pm 0,5$  cm. Pengambilan ujung akar bawang merah ini dilakukan pada jam fisiologis tanaman melakukan pembelahan sel. Penyesuaian waktu pengambilan ini karena setiap jenis tumbuhan memiliki waktu pembelahan sel yang berbeda-beda dan juga memiliki jam biologis yang mengatur waktu optimum pembelahan mitosis (Probowati., et al, 2020) Beberapa tanaman aktif membelah pada pagi hari dan beberapa kultivar tertentu diperoleh waktu pembelahan optimum pada malam hari. Hal ini dapat terjadi karena lamanya fase mitosis secara khusus diatur oleh gen dan bervariasi antara spesies satu dengan spesies lainnya, antara organ satu dengan organ lainnya dalam satu spesies, bahkan antara tipe sel satu dengan tipe sel yang lainnya (Muhlisyah., et al, 2014).

Setelah dilakukan pemotongan ujung akar bawang kemudian difiksasi menggunakan larutan FAA (formalin, asam asetat, dan alkohol) dalam dua durasi yang berbeda. Setelah fiksasi, jaringan mengalami tahap dehidrasi menggunakan larutan alkohol dan cuka secara bertingkat untuk menghilangkan air dari jaringan, sehingga lebih siap untuk proses pewarnaan. Pewarnaan dilakukan menggunakan hematoksilin, pewarna khusus yang menonjolkan struktur kromosom dengan baik. Preparat akhir diamati di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran  $400\times$  dan  $1000\times$ . Kemudian hasilnya dievaluasi berdasarkan beberapa parameter utama. Gambar berikut adalah visualisasi dari preparat yang dihasilkan



**Gambar 1.** Hasil pengamatan preparat mitosis sel akar bawang merah (*Allium cepa*) menggunakan mikroskop binokuler dengan durasi fiksasi yang berbeda. Preparat dengan fiksasi FAA 30 menit. Perbesaran  $400\times$  [A]. Preparat dengan fiksasi FAA 24 jam. Perbesaran  $1000\times$  dan diperbesar 2 kali [B]. Preparat dengan fiksasi FAA 4 jam. Perbesaran  $1000\times$  dan diperbesar 2 kali [C].

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua durasi fiksasi. Preparat yang difiksasi selama 30 menit menunjukkan hasil yang optimal dalam beberapa aspek berikut: 1) kejelasan kromosom, kromosom terlihat sangat jelas dan mudah diamati. Struktur kromosom terdefinisi dengan baik, dengan perbedaan warna yang kontras antara kromosom dan dinding sel; 2) kontras warna, preparat 30 menit memiliki tingkat kontras yang tinggi antara kromosom dan dinding sel, yang mempermudah identifikasi struktur seluler; 3) warna latar belakang, latar belakang terlihat lebih terang dan bersih, tanpa pewarnaan berlebihan

yang dapat mengganggu pengamatan. Sebaliknya, durasi fiksasi selama 24 jam menghasilkan preparat dengan kromosom yang lebih intens terwarnai. Namun, rendahnya kontras warna antara kromosom dan dinding sel serta latar belakang yang lebih gelap membuat pengamatan menjadi sedikit terganggu. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun durasi fiksasi yang lebih lama memungkinkan jaringan menyerap lebih banyak pewarna, hal ini tidak selalu memberikan hasil optimal. Tabel berikut merangkum hasil penelitian

**Tabel 1.** Tabel parameter kualitas preparat berdasarkan durasi fiksasi.

Parameter	Fiksasi 30 Menit	Fiksasi 24 Jam
Kejelasan kromosom	Sangat jelas	Jelas
Kontras kromosom vs dinding sel	Tinggi	Rendah
Warna latar belakang	Terang dan bersih	Lebih gelap
Kesulitan pengamatan	Sangat mudah	Agak terganggu

Hasil pengamatan preparat mitosis akar bawang terdapat jelas terdapat fase mitosis yang ditemukan, yaitu fase profase, fase metafase, fase anafase, dan fase telofase. Fase profase ditandai dengan benang-benang tampak memendek sehingga terlihat tebal dan menjadi kromosom dan fase metafase ditandai dengan benang spindle telah terbentuk dan kromosom terlihat menebal dan berada pada bidang tengah sel (Muhlisyah., et al, 2014). Fase anafase ditandai dengan kromosom yang mulai tertarik ke arah kutub-kutub yang berlawanan dan fase telofase ditandai dengan sel membelah menjadi dua sel identik (sitokinesis) yang nampak adanya dinding pemisah di Tengah-tengah sel (Salamah., et al, 2020)

Proses pengambilan data dilakukan melalui serangkaian tahapan yang sistematis, dimulai dengan fiksasi jaringan menggunakan larutan FAA. Larutan ini berfungsi untuk menjaga struktur seluler tetap utuh selama proses preparasi. Fiksasi dengan dua durasi berbeda dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh waktu terhadap kualitas preparat. Setelah itu, jaringan mengalami tahap dehidrasi menggunakan larutan alkohol bertingkat, yang bertujuan untuk menghilangkan air dari jaringan dan menggantinya dengan medium yang lebih sesuai untuk pewarnaan. Tahap terakhir adalah pewarnaan menggunakan hematoksin, yang memberikan kontras pada struktur kromosom.

Durasi fiksasi 30 menit menghasilkan preparat dengan kejelasan kromosom yang sangat baik, tingkat kontras yang tinggi, serta latar belakang yang terang dan bersih. Hal ini menunjukkan bahwa durasi fiksasi ini cukup untuk menjaga integritas jaringan dan memaksimalkan penyerapan pewarna pada kromosom. Sebaliknya, durasi fiksasi 24 jam meskipun memungkinkan pewarnaan yang lebih intens, memiliki kelemahan berupa penurunan kontras yang menyebabkan kesulitan dalam pengamatan. Penurunan kontras pada fiksasi 24 jam dapat dijelaskan oleh fenomena over-staining, di mana jaringan menyerap terlalu banyak pewarna sehingga latar belakang juga ikut terwarnai. Fenomena ini dapat mengurangi kemampuan mikroskop untuk membedakan struktur kromosom dari elemen lainnya.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Sebagian besar literatur menyarankan durasi fiksasi selama 24 jam untuk memastikan jaringan terfiksasi sempurna. Durasi yang terlalu singkat sering disebutkan dapat menyebabkan

jaringan rapuh dan struktur seluler sulit diamati. Namun, penelitian ini menunjukkan bahwa durasi fiksasi 30 menit sudah cukup untuk menghasilkan preparat berkualitas tinggi, dengan keunggulan dalam kejelasan kromosom dan kontras warna. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa durasi fiksasi yang terlalu lama dapat meningkatkan penyerapan pewarna secara berlebihan. Temuan ini mendukung hasil penelitian ini, di mana durasi fiksasi 24 jam menghasilkan latar belakang yang lebih gelap dan kontras yang lebih rendah.

Penelitian ini memberikan kontribusi baru terhadap optimasi teknik preparasi jaringan. Durasi fiksasi 30 menit yang terbukti efektif dapat menjadi alternatif untuk menghemat waktu dan sumber daya dalam proses preparasi. Hal ini sangat relevan dalam konteks pendidikan dan penelitian yang membutuhkan efisiensi tinggi. Selain itu, temuan ini membuka peluang untuk mempertimbangkan durasi fiksasi yang lebih singkat pada jenis jaringan lain. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh faktor lain, seperti jenis larutan fiksatif, metode pewarnaan, atau tipe jaringan, dalam menghasilkan preparat berkualitas.

Berdasarkan hasil penelitian ini, durasi fiksasi 30 menit sudah cukup untuk menghasilkan preparat squash akar bawang merah dengan kualitas tinggi. Hal ini bertentangan dengan kebanyakan penelitian terdahulu yang merekomendasikan durasi 24 jam. Dengan hasil ini, pendekatan baru dapat dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi proses preparasi jaringan di laboratorium.

## **KESIMPULAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh durasi fiksasi terhadap kualitas preparat jaringan meristem ujung akar bawang merah (*Allium cepa*). Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil bahwa durasi fiksasi 30 menit menghasilkan preparat dengan kualitas terbaik. Struktur kromosom terlihat sangat jelas dengan warna yang kontras terhadap dinding sel. Warna latar belakang juga terang dan bersih, sehingga mempermudah pengamatan. Temuan ini menunjukkan bahwa durasi fiksasi 30 menit sudah cukup untuk memperoleh hasil yang optimal tanpa perlu waktu fiksasi yang terlalu lama. Sedangkan preparat dengan durasi fiksasi 24 jam menunjukkan intensitas pewarnaan kromosom yang lebih tinggi. Namun, kontras antara kromosom dan latar belakangnya lebih rendah, membuat pengamatan menjadi sedikit terganggu. Latar belakang yang lebih gelap akibat durasi fiksasi yang lama juga mengurangi visibilitas kromosom. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa durasi fiksasi 30 menit direkomendasikan sebagai pilihan optimal untuk preparasi jaringan meristem akar bawang merah, terutama dalam kondisi yang memerlukan efisiensi waktu dan sumber daya. Durasi ini memberikan keseimbangan antara kualitas pewarnaan dan kejelasan struktur kromosom.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menguji variasi durasi fiksasi yang lebih beragam, seperti 15 menit, 45 menit, atau 1 jam, guna mengevaluasi batas optimal durasi fiksasi dalam preparasi jaringan. Selain itu, eksplorasi terhadap penggunaan pewarna alternatif, seperti safranin atau orcein, dapat dilakukan untuk membandingkan efek pewarnaan terhadap kualitas preparat. Hasil penelitian ini juga dapat diperluas dengan mengaplikasikan metode yang sama pada jenis jaringan tanaman lain, seperti daun muda atau ujung batang, agar

hasilnya dapat digeneralisasi lebih luas. Lebih jauh, metode fiksasi dengan durasi 30 menit memiliki potensi untuk diimplementasikan dalam pembelajaran di laboratorium sekolah atau universitas. Hal ini diharapkan dapat membantu meningkatkan pemahaman siswa mengenai struktur kromosom dan proses pembelahan sel dengan waktu yang lebih efisien. Saran-saran ini diharapkan dapat menjadi pijakan bagi pengembangan penelitian lanjutan di bidang biologi seluler dan histologi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan tiga asisten laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang atas bimbingan dan dukungan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang yang telah menyediakan fasilitas penelitian yang memadai. Terakhir, penulis berterima kasih kepada pihak-pihak lain yang telah memberikan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan metode preparasi jaringan dalam studi biologi, khususnya dalam bidang sitologi. Semoga penelitian ini menjadi acuan dan inspirasi bagi peneliti selanjutnya untuk mengeksplorasi durasi fiksasi lainnya yang lebih efektif dalam menghasilkan preparat berkualitas tinggi.

### REFERENSI

- Abdullah, F. N., Jaya, A. S., & Widayat, W. (2017). Penentuan waktu perendaman sel (fase mitosis) akar bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) menggunakan safranin untuk mendukung praktikum biologi. *Jurnal Bioleuser*, 1(3): 86-91
- Hardi, Z., Wiryanti, W., Durachim, A., & Rahmat, M. (2024). The effect of reusing formaldehyde fixative solution on the quality of histopathological slides and the amount of waste produced. *Current Biomedicine*, 2(2), 71-83.
- Ilham, M., Ernayunita, E., & Rahmadi, H. Y. (2024). Pendekatan histologi dalam studi morfogenesis embrio somatik kelapa sawit (*elaeis guineensis* jacq.) Dalam kultur jaringan. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 29(3), 161-170.
- Salamah, A., & Dwiranti, A. (2020). Indeks mitosis pucuk daun hibiscus rosa-sinensis l. Variasi single pink pada beberapa variasi waktu. *AL-KAUNIYAH: Journal of Biology*, 13(1), 1-8.
- Muhlisyah, N., Muthiadin, C., Wahidah, B. F., & Aziz, I. R. (2014). Preparasi kromosom fase mitosis markisa ungu (*Passiflora edulis*) varietas edulis Sulawesi Selatan. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 2(1), 48-55.
- Muthiawati, S., Wiryanti, W., Durachim, A., & Sundara, Y. (2023). Optimasi waktu dan suhu fiksasi spesimen terhadap kualitas preparat jaringan. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*, 4(1), 479-484.
- Ortiz-Hidalgo, C., & Pina-Oviedo, S. (2019). Hematoxylin: Mesoamerica's gift to histopathology. Palo de campeche (logwood tree), pirates' most desired treasure, and irreplaceable tissue stain. *International Journal of Surgical Pathology*, 27(1), 4-14.
- Probowati, W., & Putranti, A. H. (2020). Indeks mitosis dan jumlah kromosom kentang hitam (*coleus tuberosus*). *Vegetalika*, 9(4), 562-571.

Salsabila, Q., Durachim, A., Wiryanti, W., & Rahmat, M. (2023). Perbandingan kualitas hasil preparat histologi jaringan ginjal dengan fiksasi menggunakan neutral buffer formalin 10% dan etanol 50%. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*, 4(1), 327–333.