

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR**OPTIMASI STERILISASI EKSPLAN SEGMENT NODUS DARI CABANG *ELO Ficus racemosa* L. UNTUK INDUKSI TUNAS IN VITRO****OPTIMIZATION OF NODAL SEGMENT EXPLANTS FROM *ELO* BRANCHES *Ficus racemosa* L. FOR IN VITRO SHOOT INDUCTION****Sherly Intan Dwi Salsabilla, Retno Mastuti***Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang, Jawa Timur, 65145*Corresponding author: mastuti7@ub.ac.id**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk optimalisasi perlakuan sterilisasi cabang *elo* (*Ficus racemosa* L.) sebagai sumber eksplan segmen nodus serta mengevaluasi komposisi larutan *forcing* untuk memecahkan dormansi dan memacu pertumbuhan tunas aksilar *in vitro*. Cabang *elo* sepanjang 20 cm diambil dari pohon *elo* dewasa di Kebun Botani, Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya kemudian dipotong menjadi beberapa segmen sepanjang 4 cm yang mengandung nodus dan dicuci. Selanjutnya, segmen nodus disterilisasi dengan tiga jenis larutan sterilisasi (S1, S2, dan S3) dengan variasi bahan sterilan (EtOH, Bayclin, fungisida, dan Tween 20) dan durasi paparan. Segmen nodus yang telah disterilkan, dimasukkan ke wadah steril berisi larutan *forcing* (F0, F1, F2, dan F3) dengan variasi komposisi yang terdiri dari antimikroba 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC), sukrosa, dan beberapa ZPT (TDZ, IBA, dan GA₃). Evaluasi dilakukan 14 hari setelah segmen nodus direndam di larutan *forcing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prosedur sterilisasi terbaik untuk segmen nodus *elo* yang mengandung kuncup dorman adalah kombinasi penggunaan fungisida Nordox, EtOH, Bayclin, dan Tween 20 dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Selain itu, larutan *forcing* yang mampu menginduksi eksplan segmen nodus terbanyak dalam memecahkan dormansi kuncup dan memacu pertumbuhan tunas pada kayu *elo* adalah larutan *forcing* F2 yang terdiri dari kombinasi 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC), sukrosa, dan beberapa zat pengatur tumbuh yaitu TDZ, IBA, dan GA₃.

Kata kunci: *elo*, *forcing*, nodus, sterilisasi, tunas**Abstract**

This study aims to optimize the sterilization treatment of *elo* (*Ficus racemosa* L.) branches as a source of node segment explants, also to evaluate the composition of the forcing solution to break dormancy and to stimulate *in vitro* axillary shoots growth. *Elo* branches of 20 cm length were taken from mature *elo* trees at the Botanical Garden, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University, then cut into several 4 cm long segments containing nodes and washed. Next, the node segments were sterilized with three types of sterilization solutions (S1, S2, and S3) with variations in sterilant materials (EtOH, Bayclin, fungicide, and Tween 20) and exposure duration. The sterilized node segments were placed into sterile containers containing forcing solutions (F0, F1, F2, and F3) with varying compositions consisting of the antimicrobial 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC), sucrose, and several PGRs (TDZ, IBA, and GA₃). Evaluation was performed 14 days after the node segments were immersed in the forcing solution. The results of the study showed that the best sterilization procedure for *elo* twigs segments containing dormant buds was a combination of the use of Nordox, EtOH, Bayclin, and Tween 20 fungicides with a success rate of 100%. In addition, the forcing solution that was able to induce the most node segment explants in breaking bud dormancy and stimulating the shoots growth in *elo* wood was the F2 forcing solution consisting of a combination of 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC), sucrose, and several growth regulators, namely TDZ, IBA, and GA₃.

Keywords: *F. racemosa*, forcing, node, shoots, sterilization

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

Pendahuluan

Elo Ficus racemosa L. merupakan anggota famili Moraceae berbentuk pohon dengan ukuran sedang hingga tinggi (20 – 30 m) yang dapat dijumpai di hutan tropis dan semitropis (Sharma dkk., 2023; Chandak dan Chatap, 2024). Pohon ini memiliki struktur kanopi menyebar, serta akar kuat dan panjang sehingga mampu mencegah erosi di ekosistem tepi sungai yang merupakan habitat alaminya (Ramakrishna dkk., 2023; Sahoo dan Behera, 2024; Hossain dkk., 2025). Selain itu, tanaman ini memiliki karakteristik unik *cauliflory* yaitu buahnya yang tumbuh secara bergerombol pada batang atau cabang utama. Buah yang berasal dari bunga majemuk ini mengalami pematangan secara berkala sehingga tersedia sepanjang tahun dan menjadi sumber makanan bagi satwa liar meliputi burung, serangga, mamalia, dan reptil. Karakter ini menjadikan tanaman *elo* sebagai spesies kunci bagi ekosistem hutan (Kumar dkk., 2021; Hossain dkk., 2025). Dengan fungsinya yang signifikan bagi ekologi, perbanyakan *elo* penting dilakukan salah satunya dengan teknik kultur jaringan. Mikropropagasi *elo* menggunakan eksplan nodus kotiledon hasil perkecambahan biji *in vitro* sudah berhasil dilakukan sampai tahap aklimatisasi (Mastuti dkk., 2025). Sementara itu, eksplan yang diperoleh dari sumber tanaman yang tumbuh di lahan terbuka umumnya memiliki risiko tinggi terhadap terjadinya kontaminasi. Sterilisasi menggunakan bahan sterilan seperti fungisida, natrium hipoklorit (NaClO), dan etanol (EtOH) perlu dilakukan pada eksplan yang didapatkan dari lahan terbuka, seperti eksplan segmen nodus sebelum induksi tunas secara *in vitro* dilakukan (Yang dan Read, 1992).

Di sisi lain, teknik kultur jaringan pada tanaman berkayu mengalami kendala dalam ketersediaan sumber tanaman yang dapat dijadikan eksplan karena sifat jaringan yang ter lignifikasi sehingga cenderung keras, sulit berdiferensiasi, dan memiliki kandungan senyawa fenolik tinggi. Banyak spesies berkayu memiliki sejumlah besar tunas laten yang jika dilakukan pemaksaan (*forcing*) dapat menghasilkan tunas dalam jumlah banyak. Tunas tersebut dapat dipaksa untuk muncul dari berbagai segmen batang yang telah dipisahkan dari pohon induk dan dapat digunakan sebagai sumber eksplan untuk studi *in vitro* dan mikropropagasi (Aftab dan Preece, 2007). Persentase tunas yang dihasilkan secara *in vitro* pada spesies berkayu dan semi-berkayu sangat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman induk yang dapat bervariasi karena adanya pengaruh musim (Arora dkk., 2010; Shekhawat dkk., 2015). Kondisi fisiologis tersebut dapat dimodifikasi dengan perlakuan awal pada bagian cabang yang diisolasi dari tanaman induk melalui pemberian larutan pemaksa/pemacu (larutan *forcing*) yang terdiri dari larutan zat pengatur tumbuh (ZPT) dengan atau tanpa makro dan mikro nutrisi. Pemecahan tunas pada bagian nodus yang terdapat di cabang dengan perendaman bagian basal cabang dalam larutan *forcing* dapat dilakukan untuk menyediakan eksplan yang lebih aseptik sehingga sesuai untuk dikulturkan secara *in vitro* (Yang dan Read, 1992; Read dan Preece, 2014; Akram dan Aftab, 2017). Larutan *forcing* yang terdiri dari 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC) 200 mgL⁻¹, sukrosa 20 g-1L dengan penambahan kombinasi ZPT GA₃ dan auksin yang diadaptasi dari larutan pengawet bunga potong terbukti efektif untuk memunculkan tunas (Tanner dkk., 2020; Suárez dkk., 2021). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini selain optimalisasi perlakuan sterilisasi untuk meminimalkan kontaminasi juga untuk mengevaluasi komposisi larutan *forcing* yang mampu memacu pertumbuhan tunas kayu lunak *elo* sebagai upaya penyediaan eksplan yang lebih aseptik dan viabel untuk kultur *in vitro*.

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

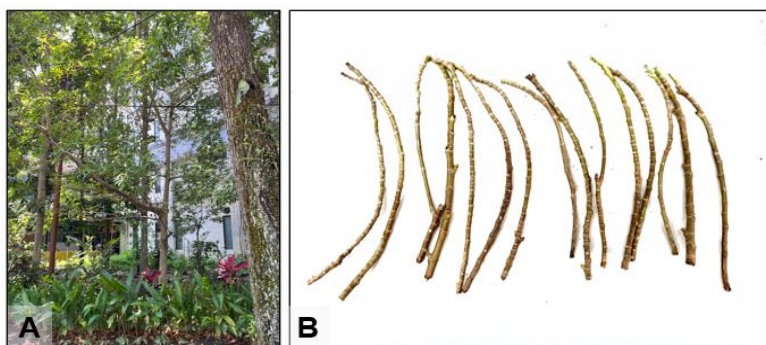
Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – Desember 2025. Bertempat di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Kultur Jaringan, dan Mikroteknik (FKM); Departemen Biologi; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA); Universitas Brawijaya; Malang.

Sumber dan Persiapan Bahan Tanaman

Sumber tanaman didapatkan dari pohon *elo* dewasa di Kebun Botani, Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya (Gambar 1A). Cabang dengan diameter 0,3 – 0,5 cm sepanjang 20 – 30 cm dari pucuk (Gambar 1B) diambil, dibawa ke laboratorium, dan dipotong menjadi beberapa segmen sepanjang 4 cm yang masing-masing mengandung nodus. Segmen cabang yang mengandung nodus, selanjutnya disebut segmen nodus, dibersihkan dengan sikat dan dicuci dengan air yang telah ditambah deterjen cair dan tiga tetes agen pembasah Tween 20. Kemudian, segmen nodus dicuci dengan air mengalir selama 30 menit (Ling dkk., 2018).



Gambar 1. Sumber segmen nodus *elo*. A. Pohon *elo* di Kebun Botani. B. Cabang muda sepanjang 20 – 30 cm

Sterilisasi segmen nodus

Segmen nodus yang telah dicuci selanjutnya disterilisasi di *laminar air flow* (LAF) dengan tiga macam perlakuan sterilisasi, yaitu penggunaan kombinasi bahan sterilan dan durasi penggojokan yang berbeda (Tabel 1). Setelah proses sterilisasi, bagian segmen nodus atas dan bawah dihilangkan dengan dipotong menggunakan skalpel steril dan segmen nodus siap direndam di larutan *forcing*.

Tabel 1. Perlakuan sterilisasi eksplan segmen nodus

Perlakuan sterilisasi	Bahan dan tahapan teknik sterilisasi	Durasi
S1	EtOH 95%	30 detik
	Bayclin 70%, dibilas 3x	15 menit
	Bayclin 5%, dibilas 3x	1 menit
S2	Fungisida Nordox 2 gL-1	20 menit
	EtOH 70%	30 detik
	Bayclin 50% + Tween 20 0,1%	1 menit
S3	Nordox 2 gL-1, dibilas 3x	15 menit
	Ethanol 70%	1 menit
	Bayclin 50% + Tween 20 0,1%, dibilas 3x	15 menit

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

Pembuatan larutan *forcing*

Larutan *forcing* dibuat dengan menambahkan kombinasi 8-HQC, ZPT, dan sukrosa kemudian diautoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm (Tabel 2). Bahan yang tidak tahan panas yaitu 8-HQC dan GA₃ disterilkan menggunakan filter membran berpori 0,22 µm dan ditambahkan ke larutan *forcing* setelah proses sterilisasi dengan autoklaf dilakukan. Larutan *forcing* sebanyak ± 15 mL dimasukkan ke dalam botol kultur volume 100 mL berisi penyangga cabang yang telah disterilasi dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Pembuatan larutan *forcing* dilakukan di lingkungan steril LAF.

Tabel 2. Komposisi larutan *forcing*

Perlakuan <i>forcing</i>	Komposisi <i>forcing solution</i>	Sumber Pustaka
F0	Akuades steril	Tanner dkk., 2020
F1	8-HQC 200 mgL ⁻¹ + TDZ 2,2 ppm + IBA 0,41 ppm + GA ₃ 0,69 ppm	Akram & Aftab, 2017
F2	8-HQC 200 mg L ⁻¹ + TDZ 2,2 ppm + IBA 0,41 ppm + GA ₃ 0,69 ppm + sukrosa 20 gL ⁻¹	Yang & Read 1992; Akram & Aftab, 2016; Tanner dkk., 2020
F3	8-HQC 200 mgL ⁻¹ + sukrosa 20 gL ⁻¹	Tanner dkk., 2020

Ket: TDZ = *thidiazuron*, IBA = *indole butyric acid*, GA₃ = *Gibberellic acid*

Evaluasi Prosedur Sterilisasi dan Perlakuan *Forcing*

Segmen nodus diletakkan secara vertikal pada larutan *forcing*. Inkubasi dilakukan pada intensitas cahaya 600 lux dan suhu 25 ± 2°C. Setelah 14 hari, keberhasilan prosedur sterilisasi ditentukan berdasarkan persentase eksplan segmen nodus yang tidak mengalami kontaminasi. Selain itu, kesesuaian larutan *forcing* ditentukan berdasarkan jumlah segmen nodus yang menghasilkan tunas kayu lunak.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap dengan dua faktor: Perlakuan rangkaian teknik sterilisasi dan perlakuan larutan *forcing*. Unit percobaan terdiri dari 3 botol yang masing-masing berisi 3 potong segmen nodus. Data ditabulasikan dan dinyatakan dalam persen (%). Setiap perlakuan sterilisasi (S1, S2 dan S3) diujikan pada empat kelompok larutan *forcing* (F0, F1, F2 dan F3) (Tabel 3). Setiap kelompok larutan *forcing* terdiri dari tiga ulangan (botol) yang masing-masing berisi tiga segmen cabang. Jadi, setiap kombinasi perlakuan sterilisasi (Sn) dan induksi tunas pada larutan *forcing* (Fn) menggunakan 4 x 9 segmen cabang = 36 segmen cabang.

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

Tabel 3. Rancangan kombinasi perlakuan sterilisasi dan larutan *forcing*

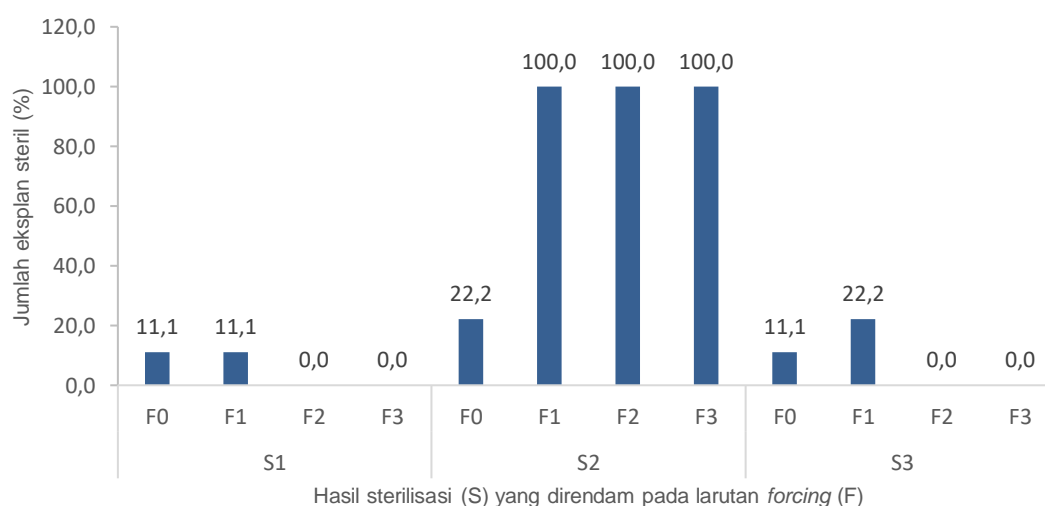
Perlakuan Sterilisasi	Larutan <i>Forcing</i>	Jumlah segmen nodus
S1	F0	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F1	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F2	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F3	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
S2	F0	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F1	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F2	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F3	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
S3	F0	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F1	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F2	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)
	F3	U1 (3 segmen), U2 (3 segmen), U3 (3 segmen)

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Keberhasilan prosedur sterilisasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan sterilisasi eksplan segmen nodus pada metode S2 mencapai 100% apabila direndam di larutan *forcing* F1, F2, dan F3, sedangkan eksplan yang direndam di akuades steril (F0) tingkat keberhasilannya hanya mencapai 22,2% (Gambar 2). Perlakuan sterilisasi S1 dan S3 pada eksplan segmen nodus menghasilkan tingkat keberhasilan berkisar 11,1 – 22,2% yang hanya diperoleh pada perendaman dengan larutan *forcing* F0 dan F1 saja.

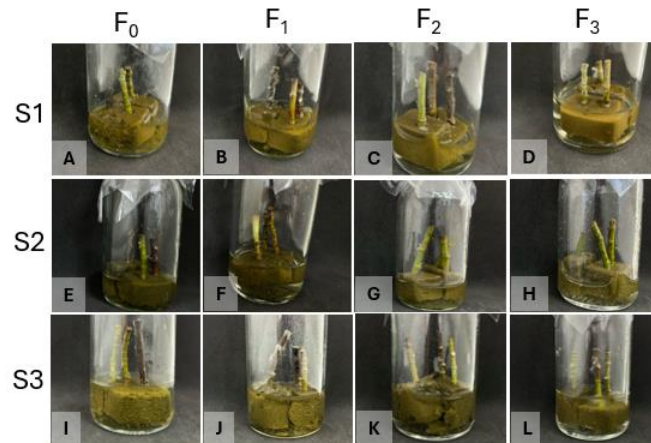


Gambar 2. Keberhasilan sterilisasi eskplan setelah direndam pada larutan *forcing* selama 14 hari

Persentase keberhasilan sterilisasi ditunjukkan dengan perbedaan kondisi segmen nodus yang direndam dalam larutan *forcing* (Gambar 3). Setelah perendaman

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

selama 14 hari di semua larutan *forcing*, eksplan pada perlakuan sterilisasi S1 (Gambar 3A–D) dan S3 (Gambar 3I–L), walaupun segmen nodus masih hijau, permukaan segmen terkontaminasi jamur. Sedangkan, eksplan pada perlakuan sterilisasi S2 juga masih hijau, tetapi tidak banyak muncul kontaminan jamur (Gambar 3E–H).



Gambar 3. Kondisi eksplan segmen nodus pada larutan *forcing*. Keterangan S: metode sterilisasi ; F: larutan *forcing*

Pengaruh perlakuan *forcing* terhadap kemunculan tunas

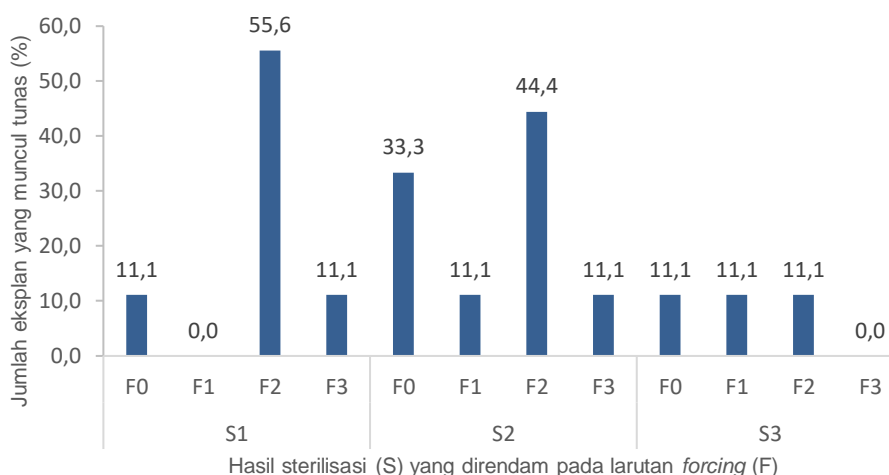
Setelah direndam 14 hari dalam larutan *forcing*, sudah terlihat kemunculan tunas pada beberapa segmen nodus (Gambar 4) dari nodus/ketiak daun. Respons kemunculan tunas akibat perendaman pada masing-masing larutan *forcing* bervariasi.



Gambar 4. Tunas pada segmen nodus setelah direndam di larutan *forcing* selama 14 hari. Keterangan: panah menunjukkan tunas yang muncul pada nodus cabang

Eksplan segmen nodus yang mampu memunculkan tunas paling banyak (55,6%) dihasilkan pada kombinasi perlakuan sterilisasi S1 yang dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan *forcing* F2 (Gambar 5). Semua larutan *forcing* yang digunakan untuk merendam eksplan segmen nodus setelah perlakuan sterilisasi S2 mampu memunculkan tunas dengan persentase tertinggi pada eksplan pada kombinasi perlakuan S2-F2 sebanyak 44% yang diikuti eksplan dengan kombinasi perlakuan S2-F0 sebanyak 33,3%. Sedangkan, pada perlakuan sterilisasi S3 jumlah eksplan yang mampu memunculkan tunas hanya 11,1% pada larutan *forcing* F0, F1, dan F2.

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR



Gambar 5. Kemunculan tunas setelah perendaman segmen nodus selama 14 hari di larutan *forcing*

Pembahasan

Tunas cabang tanaman ber kayu seringkali bersifat dorman dalam waktu lama sehingga jika akan digunakan sebagai eksplan pada mikropropagasi *in vitro*, tunas dorman ini harus diaktifkan terlebih dahulu. Melalui penggunaan eksplan jenis ini, perbanyak tanaman klonal dapat dicapai berdasarkan kemampuan alami jaringan untuk beregenerasi. Segmen nodus yang mengandung tunas dorman telah banyak digunakan sebagai eksplan pada kultur *in vitro* tanaman ber kayu, antara lain *Jasminum nudiflorum* (Bhat dkk., 2022), dan *Morus indica* (Gogoi dkk., 2017). Kultur *in vitro* pada genus *Ficus* yang menggunakan eksplan segmen nodus telah dilaporkan antara lain pada *F. carica* (Sharma dkk., 2015; Ling dkk., 2018; Ling dkk., 2022; Tan dkk., 2025), *F. religiosa* (Siwach dan Gill, 2011), *F. benghalensis* (Rahman dkk., 2004), *F. krishnae* (Khan dkk., 2019), dan *F. palmata* Forssk. (al-Azairi dkk., 2024). Namun, kultur *in vitro* *F. racemosa* dengan eksplan segmen nodus belum pernah dilaporkan.

Kendala utama pada perbanyak in vitro menggunakan eksplan yang berasal dari tanaman yang tumbuh di lapang adalah kontaminasi mikroba. Kondisi ini juga banyak dilaporkan pada genus *Ficus* dimana penyebab kontaminasinya adalah jamur epifit maupun endofit sehingga keberhasilan awal kultur sangat bergantung pada rangkaian teknik sterilisasi yang efektif (Gogoi dkk., 2017; Hashim dkk., 2021; Gu dkk., 2022; Andelic dkk., 2024; al-Azairi dkk., 2024). Bahan sterilan yang banyak digunakan adalah fungisida, bakterisida, EtOH, dan NaClO (Mahmoud & Al-Ani, 2016; Landa dkk., 2020). Metode sterilisasi yang terdiri atas rangkaian teknik sterilisasi dengan bahan dan konsentrasi yang sesuai akan menghilangkan sumber kontaminasi (Gogoi dkk., 2017; Saha dkk., 2020; Bhat dkk., 2022; Jadid dkk., 2024; Rodiansah dkk., 2024; Dincer dkk., 2025).

Bahan-bahan utama yang digunakan untuk sterilisasi adalah EtOH, cairan pemutih Bayclin yang mengandung zat aktif *sodium hypochlorite* (natrium hipoklorit/NaClO) dengan konsentrasi 5.25%, serta Nordox yaitu fungisida dan bakterisida yang mengandung tembaga oksida 56%. Aplikasi dengan konsentrasi dan durasi yang berbeda memberikan tingkat keberhasilan yang bervariasi. Perlakuan sterilisasi S2 pada eksplan segmen nodus menghasilkan persentase keberhasilan tertinggi setelah 14 hari direndam di larutan *forcing*. Berdasarkan cara kerjanya, fungisida dibedakan menjadi fungisida kontak (contoh: Nordox) dan fungisida sistemik (Susetyo, 2023). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi fungisida Nordox 2 gL⁻¹ selama 20 menit pada nodus. Selain itu, tidak dilakukannya pembilasan setelah perlakuan sterilisasi diduga

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

dapat mengakibatkan bahan sterilan yang sudah sudah masuk ke dalam jaringan masih bekerja secara efektif sehingga berpengaruh terhadap rendahnya kontaminasi jamur. Di sisi lain, pada perlakuan S1 tanpa fungisida dan S3 dengan pemberian fungisida, tetapi dengan durasi yang lebih cepat dan dilakukan pembilasan menghasilkan tingkat keberhasilan yang lebih rendah. Keberhasilan metode sterilisasi ditentukan oleh diperolehnya eksplan segmen nodus aseptik dengan kelangsungan hidup yang terjaga.

Dibandingkan dengan tanaman herba, faktor pembatas untuk aplikasi *in vitro* pada perlakuan S2 mampu menghilangkan fungi yang terdapat di permukaan eksplan segmen tanaman berkayu adalah kurangnya eksplan yang sesuai. Pada tanaman berkayu, ketersediaan bahan tanaman untuk penggunaan *in vitro* umumnya terbatas pada periode pertumbuhan aktif yang singkat dari tanaman induk. Persentase tunas yang dihasilkan secara *in vitro* dari bahan yang diperoleh sepanjang tahun dapat berbeda karena keadaan fisiologis tanaman induk yang dipengaruhi efek musiman. Kondisi ini terutama terjadi pada spesies berkayu dan semi-berkayu (Arora dkk., 2010; Shekhawat dan Manokari, 2016). Kondisi fisiologis tanaman induk dapat dimodifikasi dengan perlakuan awal pada tanaman induk. Perlakuan awal terutama terdiri dari larutan ZPT dengan atau tanpa nutrisi makro dan mikro dan dapat diaplikasikan pada tanaman induk atau sebagai larutan pendorong pada cabang yang terisolasi (Yang dan Read 1997; Read dan Preece 2003; Kumari dkk. 2017). Namun, dengan teknik ini jumlah tunas yang tumbuh tidak mencukupi untuk propagasi dalam skala besar.

Keterbatasan ini membutuhkan prosedur yang efektif untuk dapat mengatasi kendala pada pemunculan tunas aksilar secara *in vitro* (Suárez dkk., 2021). Pemaksaan atau *forcing* tunas kayu lunak untuk tumbuh memberikan peluang untuk menghasilkan eksplan yang dapat tumbuh aktif. Tunas tersebut dapat dihasilkan hampir sepanjang tahun sehingga sangat memperpanjang waktu inisiasi eksplan untuk banyak spesies tanaman berkayu. Tunas kayu lunak dari berbagai panjang segmen batang besar yang telah dipisahkan dari pohon utuh telah dapat didorong untuk tumbuh pada beberapa jenis pohon berkayu. Pada tanaman berkayu, larutan *forcing* ini juga telah digunakan untuk meningkatkan keberhasilan induksi kultur steril (Tanner dkk., 2020; Suárez dkk., 2021).

8-hidroksikuinolin dan turunannya telah lama dikenal karena efek antimikrobanya yang ampuh terhadap berbagai macam bakteri dan jamur (BenchChem Technical Support Team, 2025). Pada larutan *forcing*, 8-HQC merupakan senyawa antimikroba utama yang bermanfaat dalam mencegah mikroorganisme patogen tanaman (bakteri, jamur, dll.) yang seringkali menumpuk dan menyumbat jaringan xilem. Penambahan sukrosa atau gula berfungsi sebagai sumber energi bagi jaringan yang telah dipotong dan terpisah dari tanaman induknya. Penambahan kombinasi ZPT seperti TDZ, IBA, dan GA₃ semakin mendukung induksi tunas dari kuncup dorman. Pada penelitian ini, larutan *forcing* F2 terbukti menghasilkan lebih banyak eksplan yang mampu menginduksi tunas aksilar.

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa prosedur sterilisasi terbaik untuk segmen nodus *F. racemosa* yang mengandung kuncup dorman adalah kombinasi penggunaan fungisida Nordox, EtOH, Bayclin, dan Tween 20 dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Selain itu, komposisi terbaik larutan *forcing* yang mampu menginduksi eksplan segmen nodus terbanyak dalam memecahkan dormansi kuncup dan memacu pertumbuhan tunas kayu *F. racemosa*, adalah kombinasi 8-hydroxyquinoline citrate (8-HQC), sukrosa dan beberapa zat pengatur tumbuh yaitu TDZ, IBA, dan GA₃. Meskipun masih perlu ditingkatkan, hasil ini merupakan awalan baik yang berpotensi sebagai penyedia eksplan untuk mikropropagasi secara *in vitro*.

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR**Daftar Pustaka**

- Aftab, F. & Preece, J.E. 2007. 'Forcing and *in vitro* establishment of softwood shoots from large stem segments of woody plants', in *Biotechnology and Sustainable Agriculture 2006 and Beyond*. Springer, Dordrecht.
- Akram, M. & Aftab, F. 2017. Establishment of embryogenic cultures and efficient plant regeneration system from explants of forced softwood shoots of teak (*Tectona grandis* L.). *Horticultural plant journal*, 2(5): 293–300.
- al-Aizari, A.A., Y.H. Dewir, A.H. Ghazy, A. al-Doss, & R.S. al-Obeed. 2024. Micropropagation and genetic fidelity of febra fig (*Ficus palmata* Forssk.) and grafting compatibility of the regenerated plants with *Ficus carica*. *Plants*, 13: 1–22.
- Andelic, T., T. Vujovic, D. Jevremovic, J. Tomic, & D. Radivojevic. 2024. Comparative study of different surface sterilization treatments and optimal month for establishment of aseptic cultures of raspberry cultivars. *Journal central European agriculture*, 25(2): 470–480.
- Arora K, Sharma M, Srivastava J, Ranade SA, Sharma AK. 2010. Rapid *in vitro* cloning of a 40-year-old tree of *Azadirachta indica* A. Juss. (Neem) employing nodal stem segments. *Agroforest syst*, 78: 53–63.
- Bhat, M.S., Z.A. Rather, I.T. Nazki, N. Banday, T.Wani, S. Rafiq, I. Farooq, A. Noureldeen, & H. Darwish. 2022. Standardization of *in vitro* micropropagation of winter jasmine (*Jasminum nudiflorum*) using nodal explants. *Saudi journal of biological science*, 29: 3425–3431.
- BenchChem Technical Support Team. 2025. *8-Hydroxyquinoline Citrate: A Comprehensive Technical Guide to its Biological Activities Core Biological Activities, Foundational & Exploratory*.
- Chandak, R. & Chatap, S. 2024. Phytochemical Profile: A *Ficus racemosa* Linn. *International journal of development research*, 14(02): 65041-65048.
- Dincer, D., H. Dundar, F. Bekiryazici, A. Eminoglu, S.G. Izmirli, F.S. Beris, & K. Yazici. 2025. A low-toxicity surface sterilization approach for efficient *in vitro* propagation of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) using alternative antifungal agents. *South African journal of botany*, 188: 180–190.
- Gogoi, G., P.K. Borua, & J.M. al-Khayri. 2017. Improved micropropagation and *in vitro* fruiting of *Morus indica* L. (K-2 cultivar). *Journal of genetic engineering and biotechnology*, 15: 249–256.
- Gu, M., Y. Li, H. Jiang, S. Zhang, Q. Que, X. Chen, & W. Zhou. 2022. Efficient *in vitro* sterilization and propagation from stem segment explants of *Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnst, a multipurpose woody plant. *Plants*, 11: 1–17.
- Hashim, S.N., S.Z. Ghazali, N.J. Sidik, T. Chia-chay, & A. Saleh. 2021. Surface sterilization method for reducing contamination of *Clinacanthus nutans* nodal explants intended for *in-vitro* culture. *E3S Web of Conferences 2021*(306): 1–8.
- Hossain, E., M.K. Sinha, G. Tripathi, S. Kumar, & S. Marndi. 2025. Phytochemical & pharmacological profiling of *Ficus racemosa* bark: an integrated study of its ethnobotany and ecological importance. Dalam Hossain, E., M.K. Sinha, G.

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

Triathi, S. Kumar, & S. Marndi (Ed.). *Banyan family - medicinal, pharmacological and economical aspects*. Odisha, India, pp. 45–62.

Jadid, N., S. Anggraeni, M.R.N. Ramadani, M. Arieny, & F. Mas'ud. 2024. *In vitro* propagation of Indonesian stevia (*Stevia rebaudiana*) genotype using axenic nodal segments. *BMC research notes*, 14(45): 1–7.

Khan, T.A., D. Pathak, P. Sharma, M. Ansari, & R.K. Agnihotri. 2019. *In vitro* regeneration, callus induction and rhizogenesis in *Ficus krishnae*: A rare endangered plant. *Indian journal of biotechnology*, 18: 346–351.

Kumar, M., P.K. Verma, I. Sharma, S.K. Upadhyay, & R. Singh. 2021. Taxonomical and ethnobotanical studies of *Ficus racemosa* L. (Dicotyledonae: Moraceae) in socioeconomic perspective from new forest Dehradun. *Bulletin of pure and applied sciences*, 40(2): 56–62.

Kumari K, Lal M, Saxena S (2017). Enhanced micropropagation and tiller formation in sugarcane through pretreatment of explants with thidiazuron (TDZ). *3 biotech*, 7(5): 282.

Landa, F., Y.C. Chia, R. Ombokou, & Z.A. Aziz. 2020. Effective surface sterilization method using Plant Preservatives Mixture and shoot multiplicastaion of *Clinacanthus nutans*. *Int. j. curr. microbiol. app. sci.*, 9(3): 3240–3251.

Ling, W.T., F.C. Liew, W.Y. Lim, S. Subramaniam, & B.L. Chew. 2018. Shoot induction from axillary shoot tip explants of fig (*Ficus carica*) cv. Japanese BTM 6. *Tropical life sciences research*, 29(2): 165–174.

Ling, W.T., L.V. Tan, S.P. Khor, D. Sriskanda, S. Subramaniam, & B.L. Chew. 2022. Rapid *in vitro* propagation of fig (*Ficus carica* L.) 'Violette de Solliès' supported by molecular and microscopy analyses. *Horticulturae*, 8: 1–17.

Mahmoud, S.N. & N.K. al-Ani. 2016. Effect of different sterilization methods on contamination viability of nodal segments of *Cestrum nocturnum* L. *international journal of research studies in biosciences*, 4(1): 4–9.

Mastuti, R., Arisoesilaningsih, E. dan Munawarti, A. (2025) 'Micropropagation of *Ficus racemosa* : An Important Forest Tree', *asian journal of research in agriculture and forestry volume*, 11(2), pp. 245–254.

Preece, J.E. & P.E. Read. 2003. Novel methods in micropropagation. *Acta horticulturae*, 616(616):71-76.

Rahman M.M., M.N. Amin & M. F. Hossain. 2004. *In vitro* Propagation of Banyan Tree (*Ficus benghalensis* L.) - A multipurpose and keystone species of Bangladesh. *plant cell, tissue and organ culture*, 14(2) : 135-142

Ramakrishna, S., Bhimachari & Suchithra, T. 2023. Comprehensive Review on Ficus', *International journal of novel research and development*, 8(10): 493–510.

Read, P.E. & J.E. Preece. 2014. Cloning: plants – micropropagation/tissue culture. Dalam N.K.V. Alfen (Ed.). *Encyclopedia of agriculture and food systems*. USA. Academic Press. Hal 317–336.

Rodiansah, A., M. Sinuraya, D.S. Hanafiah, S.S. Butar-Butar, & A.F. Pohan. 2024.

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

Optimalisation of in vitro sterilisation methods for North Sumatra local garlic (*Allium sativum* L.). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1362:1–5.

- Saha, P.S., S. Sarkar, & R. Jeyasri. 2020. *In vitro* propagation, phytochemical and neuropharmacological profiles of *Bacopa monnieri* (L.) Wettst.: A review. *Plants*, 9(4): 1–25.
- Sahoo, R. & Behera, S. 2024. Exploring the Therapeutic Potential of *Ficus racemosa*: A comprehensive re-view, *international journal of pharmaceutical sciences review and research*, 84(4), pp. 92–99.
- Sharma, H., R. Pathak, S. Jain, M. Bhandari, R. Mishra, K. Reena, & P. Varshney. 2023. *Ficus racemosa* L: A Review on Its Important Medicinal Uses, Phytochemicals and Biological Activities'. *journal of population therapeutics & clinical pharmacology*, 30(17): 213–227.
- Shekhawat, M.S., N. Kannan, M. Manokari, & C.P. Ravindran. 2015. Enhanced micropropagation protocol of *Morinda citrifolia* L. through nodal explants. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 2: 174–181.
- Shekhawat, M.S., & Manokari, M. 2016. Impact of Auxins on Vegetative Propagation through Stem Cuttings of *Couroupita guianensis* Aubl.: A Conservation Approach. *Scientifica*, 2016.
- Shekhawat, M.S., N. Kannan, M. Manokari, & C.P. Ravindran. 2015. Enhanced micropropagation protocol of *Morinda citrifolia* L. through nodal explants. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 2: 174–181.
- Siwach, P. & A.R. Gill. 2011. Enhanced shoot multiplication in *Ficus religiosa* L. in the presence of adenine sulphate, glutamine and phloroglucinol. *Physiol mol biol plants*, 17(3): 271–280.
- Suárez, E., Alfayate, C., Rodríguez-Pérez, J.A., Pérez-Francés, J.F. 2021. Effect of forcing solutions used to break the seasonal influence on in vitro axillary bud sprouting of two *Leucospermum* (R. Br.) cultivars. *Plant cell, tissue and organ culture*, 147(1): 175–180.
- Susetyo, H.P. 2023. *Penggunaan Fungisida Yang Tepat Dalam Mengendalikan Penyakit Tanaman, Hortikultura Pertanian Indonesia*. Available at: <https://hortikultura.pertanian.go.id/penggunaan-fungisida-yang-tepat-dalam-mengendalikan-penyakit-tanaman/>.
- Tan, L.V., C.K. Chin, E.H.C. Lee, S. Subramaniam, V. Murugaiyah, & B.L. Chew. 2025. In vitro propagation of *Ficus carica* L. cultivars 'Texas Everbearing' and 'Lisa' through nodal segment explants and the anti-hyperglycaemic potential of their leaf extracts on STZ-induced diabetic rats. *South African journal of botany*, 185: 169–181.
- Tanner, J.D. I.S. Minas, K.Y. Chen, M.M. Jenderek, S.J. Wallner. 2020. Cryobiology Antimicrobial forcing solution improves recovery of cryopreserved temperate fruit tree dormant buds. *Cryobiology*, 92(1):241–247.
- Yang, G. & Read, P.E. 1992. Pre-forcing Treatments Influence Bud Break and Shoot

BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR

Elongation in Forced Woody Species. Journal of environmental horticulturae, 10(2):101–103.

Yang G. & P.E. Read. 1997. *In vitro* shoot proliferation of 5-leaf aralia explants from field grown plants and forced dormant stems. Plant cell, tissue and organ culture, 47:289–291.