

In Vitro Shoot Induction of *Nepenthes* sp. Using BAP and NAA on Half-Strength MS Medium

Induksi Tunas *Nepenthes* sp. Secara In Vitro dengan Aplikasi BAP dan NAA pada Media $\frac{1}{2}$ MS

Cordy Renantasyah^{1*}, Asnawati², Agustina Listiawati³

^{1, 2, 3}, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura. Pontianak, Kalimantan Barat, INDONESIA

cordyrenantasyah@gmail.com¹, asnawati@faperta.untan.ac.id², agustina.listiawati@faperta.untan.ac.id³

Correspondence author Email: c2091241004@student.untan.ac.id

Paper received: Mei 2026; Accepted: Juli 2026; Publish: Juli 2026

Abstract

*Conventional propagation of *Nepenthes* sp. still faces several constraints, including slow growth rates and low propagation success, thereby necessitating alternative propagation methods such as in vitro culture techniques. The success of in vitro culture is strongly influenced by the application of plant growth regulators, particularly auxins and cytokinins, which play an essential role in regulating the direction of plant tissue growth. Although the combination of BAP and NAA has been investigated in several *Nepenthes* species, information regarding the response of *Nepenthes* sp. cultured on half-strength Murashige and Skoog ($\frac{1}{2}$ MS) medium remains limited. This study aimed to determine the optimal concentration interaction of BAP and NAA for shoot induction of *Nepenthes* sp. under in vitro conditions using half-strength Murashige and Skoog ($\frac{1}{2}$ MS) medium. The research was conducted at the Biotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Tanjungpura, from October 2025 to January 2026. The experiment employed a factorial completely randomized design. The first factor was NAA concentration, consisting of three levels: 0.5 ppm, 1.0 ppm, and 1.5 ppm, while the second factor was BAP concentration, consisting of three levels: 1.0 ppm, 2.0 ppm, and 3.0 ppm. This resulted in nine treatment combinations, each with three replications, and each experimental unit consisted of two samples. One explant was cultured per bottle, resulting in a total of 54 explants ($9 \times 3 \times 2$). The results showed that all combinations of BAP and NAA concentrations had no significant effect ($p\text{-value} > 0.05$) on the in vitro shoot induction of *Nepenthes* sp. cultured on half-strength MS ($\frac{1}{2}$ MS) medium. These findings provide baseline information for future *Nepenthes* tissue culture research.*

Keywords: BAP, Tissue Culture, in vitro, NAA, *Nepenthes*, Shoot Induction.

Abstrak

Perbanyakan tanaman *Nepenthes* sp. secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala, seperti laju pertumbuhan yang lambat dan tingkat keberhasilan perbanyakan yang rendah, sehingga diperlukan metode perbanyakan alternatif melalui teknik kultur in vitro. Keberhasilan kultur in vitro sangat dipengaruhi oleh penggunaan zat pengatur tumbuh, khususnya auksin dan sitokinin, yang berperan dalam mengatur arah pertumbuhan jaringan tanaman. Meskipun kombinasi BAP dan NAA telah banyak diteliti pada beberapa spesies *Nepenthes*, informasi mengenai respons *Nepenthes* sp. pada media $\frac{1}{2}$ MS masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi interaksi BAP dan NAA yang terbaik terhadap induksi tunas *Nepenthes* sp. secara in vitro pada media $\frac{1}{2}$ MS. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura. Periode penelitian dari bulan Oktober 2025-Januari 2026. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi NAA yang terdiri dari 3 taraf yaitu 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm dan faktor kedua adalah konsentrasi BAP yang terdiri dari 3 taraf yaitu 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan, setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan dan setiap unit perlakuan terdiri dari 2 sampel, setiap botol ditanami 1 eksplan. Jumlah unit percobaan yaitu $9 \times 3 \times 2$ menjadi 54 eksplan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh konsentrasi interaksi BAP dan NAA berpengaruh tidak nyata ($p\text{-value} > 0,05$) terhadap induksi tunas *Nepenthes* sp. pada media $\frac{1}{2}$ MS. Temuan ini dapat menjadi dasar bagi penelitian kultur jaringan *Nepenthes* selanjutnya.

Kata kunci: BAP, Kultur Jaringan, in vitro, Induksi Tunas, NAA, *Nepenthes*.

Copyright and License

Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License that allows others to share the work with an acknowledgment of the work's authorship and initial publication in this journal.



1. Pendahuluan

Nepenthes spp. atau kantong semar merupakan tanaman karnivora yang banyak ditemukan di kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia yang memiliki tingkat keanekaragaman jenis yang sangat tinggi. Tanaman

ini umumnya tumbuh pada habitat miskin unsur hara dan memiliki keunikan berupa organ khusus berupa kantong yang berfungsi menangkap serta mencerna serangga sebagai sumber tambahan nitrogen. Selain memiliki nilai ekologis, *Nepenthes* juga memiliki prospek yang tinggi sebagai tanaman hias, karena memiliki keindahan bentuk kantong yang unik dan daya tariknya sebagai tanaman eksotik memberikan nilai jual yang tinggi di pasar domestik maupun internasional.

Di Indonesia, sebagian besar spesies *Nepenthes* tergolong langka dan dilindungi akibat kerusakan habitat alami, alih fungsi lahan, serta pengambilan tanaman dari alam secara berlebihan. Pemerintah menetapkan perlindungan hukum melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN /KUM.1/12/2018, yang secara resmi menetapkan 58 jenis *Nepenthes* ke dalam daftar tumbuhan yang dilindungi. *Nepenthes* memiliki laju pertumbuhan yang relatif lambat dan tingkat keberhasilan perbanyakan secara konvensional yang rendah. Kondisi ini menjadi kendala utama dalam upaya konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan, sehingga diperlukan metode perbanyakan alternatif yang mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar dan seragam, salah satunya melalui teknik kultur jaringan.

Keberhasilan kultur jaringan sangat dipengaruhi oleh komposisi media yang digunakan. Media Murashige and Skoog (MS) merupakan salah satu media yang paling banyak digunakan dalam kultur jaringan karena mengandung unsur hara makro dan mikro yang lengkap sehingga mampu mendukung pertumbuhan berbagai jenis tanaman. Namun, *Nepenthes* secara alami tumbuh pada habitat dengan ketersediaan unsur hara yang rendah sehingga memerlukan kondisi nutrisi yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan eksplan. Oleh karena itu, media $\frac{1}{2}$ MS banyak digunakan sebagai media dasar dalam kultur *in vitro* *Nepenthes* karena memiliki konsentrasi garam mineral yang lebih rendah. Nongdam dan Tikendra (2014) menggunakan media $\frac{1}{2}$ MS dalam regenerasi *Nepenthes khasiana*, sedangkan Siti-Suhaila dan Norwati (2021) melaporkan bahwa media $\frac{1}{2}$ MS berhasil digunakan sebagai media dasar untuk mendukung pertumbuhan planlet hibrida *Nepenthes* (*N. viking* $\times$ *N. miranda*). Berdasarkan pertimbangan tersebut, media $\frac{1}{2}$ MS dipilih sebagai media dasar dalam penelitian ini untuk mengevaluasi pengaruh interaksi BAP dan NAA terhadap induksi tunas *Nepenthes* sp.

Peran ZPT sangat menentukan karena secara langsung mengatur proses pembelahan, pemanjangan, maupun diferensiasi sel dalam kultur jaringan. BAP berfungsi mendorong pertumbuhan tunas, mempercepat inisiasi pertumbuhan, sekaligus mengatasi dominansi apikal. Sebaliknya, NAA dikenal efektif merangsang pembelahan sel, pemanjangan jaringan, serta pembentukan akar awal yang sangat penting pada tahap regenerasi eksplan. Keduanya bekerja secara saling melengkapi sehingga keseluruhan proses induksi tunas *Nepenthes* dapat berlangsung lebih optimal.

Hasil penelitian Rahayu dan Banowati (2022) menunjukkan bahwa kombinasi 20 g/L sukrosa dengan 2 ppm BAP mampu menghasilkan rata-rata 3 tunas/eksplan dengan 6,5 daun/eksplan, dan kombinasi 20 g/L sukrosa dengan 3 ppm BAP pada media $\frac{1}{2}$ MS menghasilkan rata-rata 3,25 jumlah tunas/eksplan dengan jumlah daun 2,75 daun/eksplan pada *Nepenthes mirabilis*. Sementara itu, Rosmaina dan Dinni (2015) melaporkan bahwa konsentrasi 1 ppm BAP + 1 ppm NAA pada media $\frac{1}{2}$ MS merupakan perlakuan terbaik untuk pertumbuhan dan perkembangan tunas mikro *Nepenthes mirabilis*, dengan jumlah tunas yang dihasilkan berkisar antara 2–12 tunas/eksplan.. Nuryadin (2017) melaporkan bahwa kombinasi perlakuan 10 μ M BAP + 0,5 μ M NAA pada media $\frac{1}{2}$ MS memberikan hasil terbaik pada tahap multiplikasi tunas *Nepenthes adrianii*. Perlakuan tersebut menghasilkan rata-rata 2,57 tunas/eksplan dengan waktu muncul tunas tercepat, yaitu 6 hari setelah penanaman, serta jumlah akar terbanyak dengan rata-rata 1,43 akar/eksplan selama 7 minggu setelah tanam.

Meskipun beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas BAP maupun kombinasi BAP dan NAA terhadap pertumbuhan beberapa spesies *Nepenthes*, informasi mengenai respons interaksi kedua zat pengatur tumbuh tersebut pada media $\frac{1}{2}$ MS terhadap induksi tunas *Nepenthes* sp. masih terbatas. Selain itu, perbedaan spesies dan kondisi kultur diduga memengaruhi respons tanaman terhadap konsentrasi interaksi BAP dan NAA yang diberikan. Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh berbagai konsentrasi interaksi NAA dan BAP yang terbaik terhadap induksi tunas *Nepenthes* sp. secara *in vitro* pada media $\frac{1}{2}$ MS, serta untuk mengetahui apakah terdapat kombinasi hormon yang paling efektif dalam mendukung pertumbuhan tunas, daun, dan kantong *Nepenthes*.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak. Periode penelitian dari bulan Oktober 2025-Januari 2026. Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tunas *in vitro* *Nepenthes* sp. berukuran $\pm$ 2 cm yang berasal dari kultur *in vitro* dan merupakan koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura digunakan sebagai eksplan penelitian. Seluruh planlet dipilih pada kondisi fisiologis yang relatif seragam untuk meminimalkan variasi pertumbuhan antarperlakuan, BAP, NAA, Media MS, Larutan HCl, Larutan KOH, alkohol 70% dan alkohol 96%, Penutup Botol Kultur, Kertas Label, gelas beaker, gelas ukur, pipet kaca, pipet mikro, timbangan analitik, kertas indikator pH, *hot plate magnetic stirrer*, botol kultur, plastik, karet, tisu, autoclave, oven, cawan petri, pinset, pisau bedah (scalpel), gunting, pembakar bunsen, korek api, *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC), plastik wrap, label, alat semprot tangan (*hand sprayer*), jas laboratorium, masker, nurse cap, alat tulis, serta perlengkapan dokumentasi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah konsentrasi NAA (N) yang terdiri dari 3 taraf yaitu $n_1 = 0,5$ ppm, $n_2 = 1,0$ ppm, $n_3 = 1,5$ ppm. Faktor kedua adalah konsentrasi BAP (B) yang terdiri dari 3 taraf yaitu $b_1 = 1,0$ ppm, $b_2 = 2,0$ ppm, $b_3 = 3,0$ ppm, sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan, setiap perlakuan terdiri dari 3 ulangan dan setiap unit perlakuan terdiri dari 2 sampel, setiap botol ditanami 1 eksplan. Jumlah unit percobaan yaitu $9 \times 3 \times 2$ menjadi 54 eksplan. Jumlah eksplan tersebut telah memenuhi kebutuhan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang digunakan, yaitu sembilan kombinasi perlakuan dengan tiga ulangan sehingga setiap kombinasi perlakuan memperoleh jumlah unit percobaan yang sama.

Sterilisasi ruangan dan peralatan dilakukan untuk mencegah kontaminasi selama proses kultur jaringan. Ruangan dibersihkan secara menyeluruh, meliputi lantai, dinding, meja, dan peralatan, dengan desinfektan karbol serta dijaga dalam kondisi tertutup tanpa ventilasi terbuka

Media yang digunakan adalah media $\frac{1}{2}$ MS. Media ditakar dari larutan stok A–F, vitamin, myo-inositol, sukrosa, serta zat pengatur tumbuh NAA dan BAP sesuai perlakuan. pH media disesuaikan pada kisaran 5,6–5,8, kemudian ditambahkan agar sebagai pemat. Media dituangkan ke dalam botol kultur dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Komposisi lengkap media $\frac{1}{2}$ MS yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Media $\frac{1}{2}$ MS

Bahan Kimia	Konsentrasi dalam Media (mg/l)	Jumlah Bahan Kimia Larutan Stok	Kepekatan	Kode Stok	Kebutuhan per liter Medium
NH_4NO_3	825	8.250	10X	A	10 ml
KNO_3	950	9.500	10X	B	10 ml
$\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	220	2.200	10X	C	10 ml
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	185	1.850	10X	D	10 ml
KH_2PO_4	85	850			
Na_2EDTA	18,65	186,5			
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	13,9	139	10X	E	10 ml
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	8,45	84,5			
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	4,3	43			
H_3BO_3	3,1	31			
KI	0,415	4,15			
$\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,125	1,25	40X	F	5 ml
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,0125	0,125			
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,0125	0,125			
Glycine	1	10			
Nicotine Acid	0,25	2,5			
Pyrodoxin HCl	0,25	2,5	10X	Vitamin	10 ml
Thyamine HCl	0,05	0,5			
Myo-inositol	50		10X		10 ml
Sukrosa	30.000				30 gram
Agar	7000				7 gram

Inokulasi dilakukan secara aseptik di dalam Laminar Air Flow Cabinet (LAFC). Eksplan berupa planlet *Nepenthes* sp. dengan ukuran dan kondisi fisiologis yang relatif seragam ditanam pada media perlakuan. Proses penanaman dilakukan menggunakan pinset steril dengan menjaga kondisi aseptik melalui pemanasan mulut botol di atas nyala api bunsen. Botol kultur kemudian ditutup dan dibungkus rapat untuk mencegah kontaminasi. Selama periode kultur hingga akhir pengamatan, seluruh eksplan tetap steril sehingga tingkat kontaminasi pada penelitian ini adalah 0%.

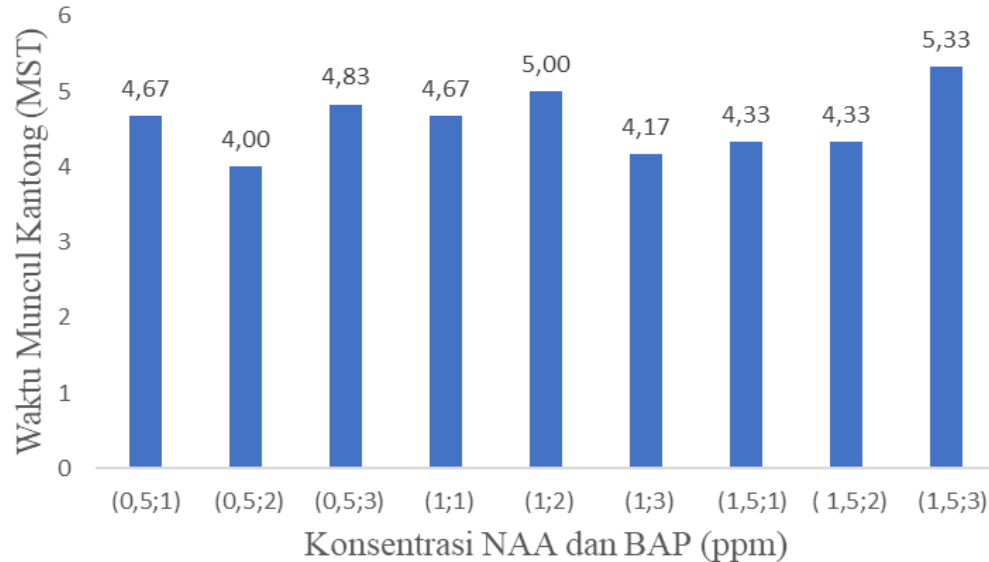
Botol kultur disusun sesuai denah penelitian dan dipelihara pada ruang inkubasi bersuhu 20–25°C dengan pencahayaan selama 16 jam per hari menggunakan lampu TL (fluorescent). Pengamatan dilakukan selama 12 minggu setelah tanam (MST). Selama periode tersebut, pengamatan dilakukan secara berkala untuk mencatat waktu muncul tunas dan kantong, sedangkan variabel jumlah tunas, jumlah kantong, dan pertambahan jumlah daun diamati pada akhir periode pengamatan.

Waktu Muncul Kantong (MST) dilakukan setiap minggu sampai akhir penelitian dengan melihat perkembangan kemunculan kantong pada eksplan dan dicatat waktu pertama munculnya kantong pada eksplan. Waktu Muncul Tunas (MST) dilakukan setiap minggu sampai akhir penelitian dengan melihat perkembangan kemunculan tunas pada eksplan dan dicatat waktu pertama munculnya tunas pada eksplan. Pertambahan Jumlah Daun (Daun) dilakukan pada awal dan akhir pengamatan yaitu dengan cara menghitung jumlah seluruh daun yang terbentuk pada eksplan. Jumlah Tunas (Tunas) Perhitungan jumlah tunas dilakukan pada akhir pengamatan yaitu dengan cara menghitung jumlah seluruh tunas yang terbentuk pada eksplan. Jumlah Kantong (Kantong) Perhitungan jumlah kantong dilakukan pada akhir pengamatan yaitu dengan cara menghitung jumlah seluruh kantong yang terbentuk pada eksplan.

Data pengukuran yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA) faktorial. Apabila berpengaruh nyata, maka pengujian hipotesis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%.

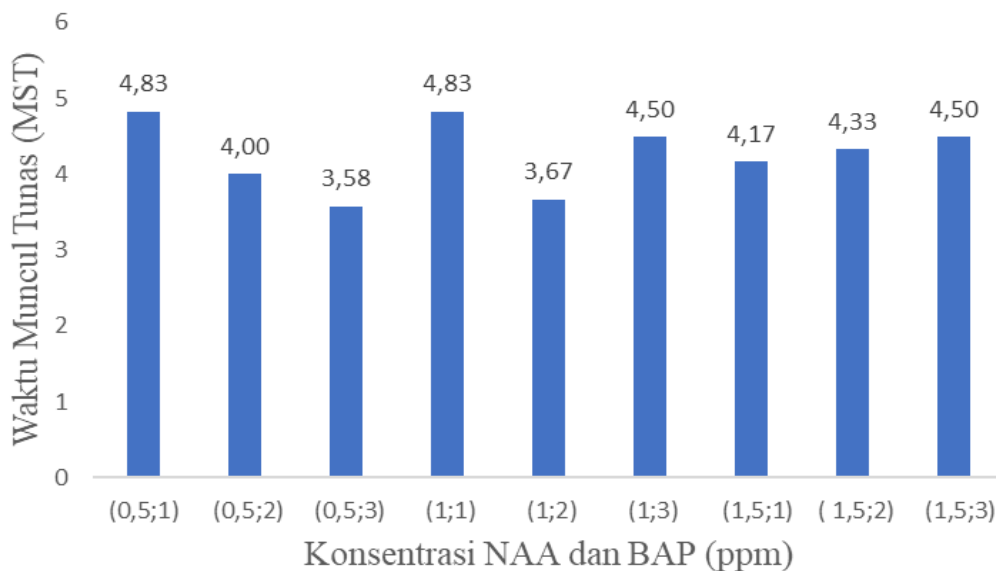
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa induksi tunas *Nepenthes* sp berpengaruh tidak nyata pada faktor konsentrasi interaksi BAP dan NAA pada semua variabel penelitian yaitu waktu muncul kantong, waktu muncul tunas, pertambahan jumlah daun, jumlah tunas dan jumlah kantong. Nilai F hitung untuk semua variabel pengamatan lebih kecil dari F tabel 5%, yang menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi hormon memberikan pengaruh yang sama, artinya kisaran range antara BAP dan NAA yang digunakan masih pada taraf toleransi kebutuhan pertumbuhan eksplan, namun belum mampu menghasilkan perbedaan respons pertumbuhan yang nyata.



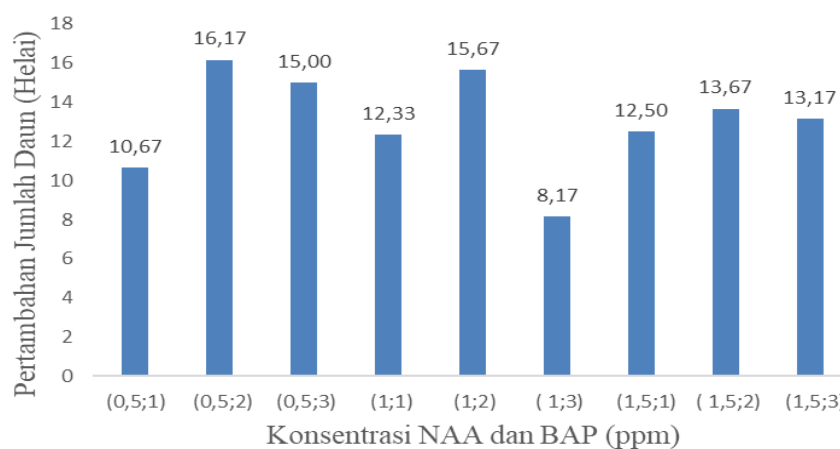
Gambar 1. Rerata Waktu Muncul Kantong Pada Berbagai Kombinasi BAP dan NAA

Pengamatan terhadap waktu muncul kantong dilakukan setiap minggu dari awal penanaman hingga munculnya kantong. Rerata waktu muncul kantong pada berbagai konsentrasi interaksi BAP dan NAA dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, waktu muncul kantong pada berbagai konsentrasi interaksi BAP dan NAA berkisar antara 4,00 – 5,33 Minggu Setelah Tanam (MST). Kisaran nilai yang relatif sempit menunjukkan bahwa seluruh kombinasi BAP dan NAA memberikan respons yang hampir seragam terhadap pembentukan kantong sehingga tidak terjadi perbedaan yang nyata antarperlakuan.



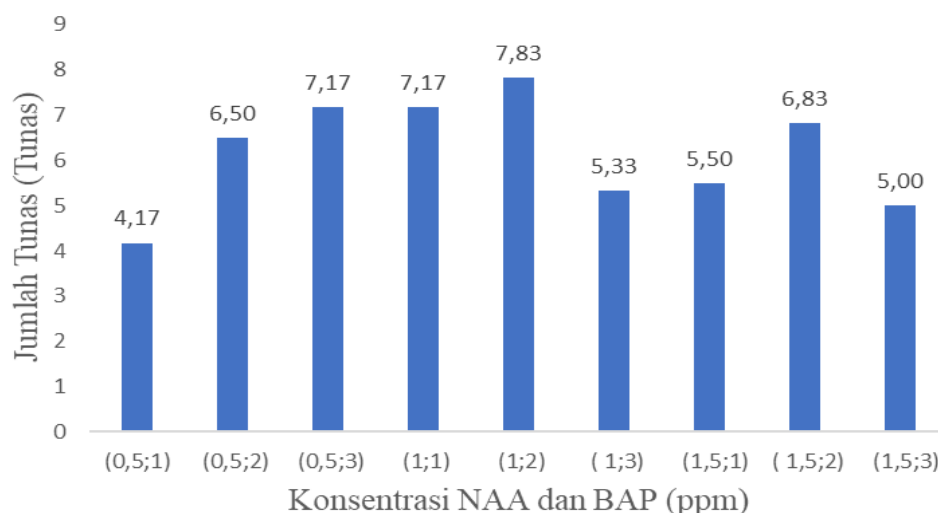
Gambar 2. Rerata Waktu Muncul Tunas Pada Berbagai Kombinasi BAP dan NAA

Pengamatan terhadap waktu muncul tunas dilakukan setiap minggu dari awal penanaman hingga munculnya tunas. Rerata waktu muncul kantong tunas berbagai konsentrasi interaksi BAP dan NAA dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, waktu muncul Tunas pada berbagai konsentrasi interaksi NAA dan BAP berkisar antara 3,58 – 4,83 Minggu Setelah Tanam (MST). Kisaran waktu muncul tunas yang relatif sama menunjukkan bahwa variasi konsentrasi BAP dan NAA belum mampu mempercepat maupun memperlambat inisiasi tunas secara nyata.



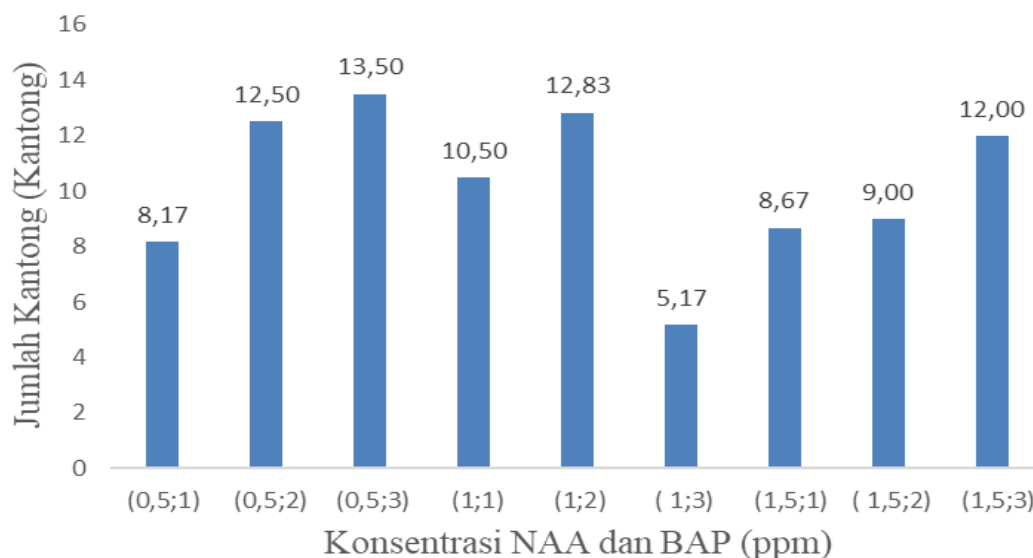
Gambar 3. Rerata Pertambahan Jumlah Daun Pada Berbagai Kombinasi BAP dan NAA

Pengamatan terhadap pertambahan jumlah daun dilakukan dengan menghitung pertambahan jumlah daun pada akhir penelitian. Rerata pertambahan jumlah daun pada berbagai konsentrasi interaksi BAP dan NAA dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, Pertambahan Jumlah Daun pada berbagai konsentrasi interaksi NAA dan BAP berkisar antara 8,17 – 16,17 daun. Meskipun terdapat perbedaan nilai rerata antarperlakuan, variasinya relatif kecil sehingga tidak menghasilkan perbedaan statistik yang nyata.



Gambar 4. Rerata Jumlah Tunas Pada Berbagai Kombinasi BAP dan NAA

Pengamatan terhadap jumlah tunas dilakukan pada akhir penelitian dengan menghitung seluruh tunas yang terbentuk pada setiap eksplan. Berdasarkan Gambar 4, rerata jumlah tunas pada berbagai kombinasi BAP dan NAA berkisar antara 4,17–7,83 tunas. Meskipun terdapat variasi rerata antarperlakuan, hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa seluruh kombinasi BAP dan NAA yang digunakan masih memberikan respons yang relatif seragam terhadap pembentukan tunas *Nepenthes* sp.



Gambar 5. Rerata Jumlah Kantong Pada Berbagai Kombinasi BAP dan NAA

Pengamatan terhadap jumlah kantong dilakukan pada akhir penelitian dengan menghitung seluruh kantong yang terbentuk pada setiap eksplan. Berdasarkan Gambar 5, rerata jumlah kantong pada berbagai kombinasi BAP dan NAA berkisar antara 5,17–13,50 kantong. Variasi rerata yang diperoleh tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan, sehingga dapat diindikasikan bahwa kisaran konsentrasi BAP dan NAA yang digunakan memberikan respons yang relatif sama terhadap pembentukan kantong pada *Nepenthes* sp.

Induksi tunas pada kultur *in vitro* sangat dipengaruhi oleh keseimbangan auksin dan sitokinin. Rasio sitokinin yang lebih tinggi mendorong pembentukan tunas, sedangkan dominasi auksin merangsang akar atau kalus. Menurut Lincoln Taiz (2018), arah morfogenesis ditentukan oleh keseimbangan hormonal dan kompetensi jaringan. Pada penelitian ini, variasi NAA dan BAP diduga masih dalam kisaran keseimbangan fisiologis sehingga tidak menghasilkan perbedaan nyata.

Pembentukan tunas dipengaruhi oleh faktor hormon dan fisiologis eksplan, dengan keseimbangan auksin dan sitokinin sebagai penentu utama diferensiasi. Sitokinin merangsang pembelahan sel dan tunas lateral,

sedangkan auksin mengatur dominansi apikal. Menurut Peter J. Davies (2010), interaksi keduanya dipengaruhi oleh rasio, konsentrasi, dan sensitivitas jaringan, sehingga variasi dalam kisaran toleransi fisiologis tidak menghasilkan respons yang kontras.

Selain hormon, tingkat juvenilitas dan kondisi fisiologis eksplan turut menentukan kemampuan pembentukan tunas. Jaringan muda memiliki potensi regenerasi lebih tinggi. Menurut Bhojwani et al. (1996), keberhasilan organogenesis bergantung pada kompetensi morfogenetik sel. Eksplan dengan kondisi seragam cenderung menunjukkan respons pertumbuhan yang seragam.

Faktor genetik spesies memengaruhi respons terhadap ZPT. *Nepenthes* memiliki pertumbuhan lambat dan adaptif terhadap lingkungan miskin hara, sehingga organogenesis berlangsung bertahap. Menurut Rajeev K. Roy (2014), variasi respons kultur jaringan dipengaruhi oleh faktor genetik dan kapasitas regeneratif.

Edwin F. George (2008) menyatakan bahwa jaringan kultur *in vitro* memiliki cadangan hormon internal, sehingga penambahan ZPT tidak selalu meningkatkan respons. Jika hormon endogen sudah cukup, penambahan hormon eksogen tidak memberikan pengaruh signifikan. Gunawan (2002) menegaskan bahwa efektivitas ZPT dipengaruhi umur dan kondisi fisiologis eksplan.

Penggunaan media $\frac{1}{2}$ MS yang sesuai dengan habitat *Nepenthes* diduga sudah optimal. Menurut Rahayu dan Isnaini (2009), media $\frac{1}{2}$ MS mampu meningkatkan pertumbuhan daun dan kantong. Kondisi media yang optimal menyebabkan seluruh perlakuan menunjukkan respons yang relatif seragam. Keceragaman respons terlihat pada waktu muncul tunas dan kantong yang berada pada kisaran hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi BAP dan NAA belum cukup besar untuk memengaruhi fase awal pertumbuhan, sehingga variasi konsentrasi BAP dan NAA yang diberikan belum mampu menunjukkan perbedaan respons pertumbuhan secara nyata.

Interaksi auksin dan sitokinin menentukan arah diferensiasi. Hendaryono dan Wijayani (1994) menyatakan sitokinin mendorong pembentukan tunas, sedangkan auksin merangsang akar. Abidin (1993) menyatakan rasio sitokinin lebih tinggi menghasilkan tunas, sedangkan keseimbangan menghasilkan kalus. Dalam penelitian ini, kombinasi BAP dan NAA masih seimbang sehingga mempertahankan pertumbuhan vegetatif dengan jumlah tunas relatif seragam. Hal ini sejalan dengan Lestari (2011) yang menyatakan bahwa kombinasi auksin dan sitokinin pada konsentrasi rendah–sedang lebih berfungsi menjaga pertumbuhan eksplan. Variasi antar perlakuan pada berbagai parameter masih kecil dan tidak berbeda nyata secara statistik.

Menurut Thomas Schmülling (2009), sitokinin bekerja melalui sistem transduksi sinyal dengan ambang respons tertentu. Setelah mencapai titik jenuh, peningkatan konsentrasi tidak meningkatkan respons (plateau), sehingga peningkatan BAP hingga 3 ppm belum menghasilkan perbedaan signifikan. Menurut Lincoln Taiz (2018), tanaman memiliki mekanisme homeostasis hormonal melalui biosintesis, degradasi, dan konjugasi.

Mekanisme ini menjaga keseimbangan hormon sehingga perubahan ZPT eksternal tidak selalu berdampak langsung.

Edwin F. George (2008) menjelaskan bahwa hormon eksogen dapat diinaktivasi atau dimetabolisme oleh jaringan eksplan, sehingga tidak seluruhnya aktif secara biologis. Secara keseluruhan, tidak berpengaruh nyata perlakuan disebabkan oleh kombinasi keseimbangan hormon endogen, kondisi media $\frac{1}{2}$ MS yang optimal, rasio hormon yang stabil, serta lingkungan kultur yang mendukung, sehingga seluruh perlakuan tetap menghasilkan pertumbuhan yang baik. Hormon eksogen dapat diinaktivasi atau dimetabolisme oleh jaringan eksplan, sehingga tidak seluruhnya aktif secara biologis. Secara keseluruhan, tidak berpengaruh nyata perlakuan disebabkan oleh kombinasi keseimbangan hormon endogen, kondisi media $\frac{1}{2}$ MS yang optimal, rasio hormon yang stabil, serta lingkungan kultur yang mendukung, sehingga seluruh perlakuan menunjukkan respons pertumbuhan, namun tidak berbeda nyata secara statistik.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian Rosmaina dan Dinni (2015) yang melaporkan bahwa kombinasi 1,0 ppm BAP dan 1,0 ppm NAA pada media $\frac{1}{2}$ MS merupakan perlakuan terbaik untuk pertumbuhan tunas mikro *Nepenthes mirabilis*. Demikian pula, Nuryadin (2017) melaporkan bahwa kombinasi 10 μ M BAP dan 0,5 μ M NAA pada media $\frac{1}{2}$ MS menghasilkan multiplikasi tunas terbaik pada *Nepenthes adrianii*. Perbedaan hasil tersebut diduga disebabkan oleh perbedaan spesies yang digunakan. Kondisi fisiologis dan sumber eksplan, serta kondisi kultur yang diterapkan. Setiap spesies *Nepenthes* memiliki respons yang berbeda terhadap pemberian zat pengatur tumbuh, sehingga kombinasi BAP dan NAA yang efektif pada satu spesies belum tentu memberikan respons yang sama pada spesies lainnya.

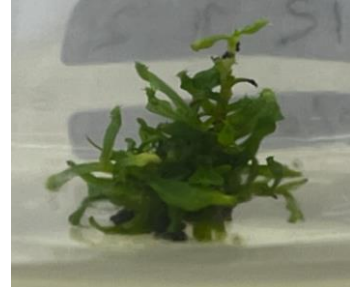
Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa respons *Nepenthes* terhadap zat pengatur tumbuh sangat dipengaruhi oleh faktor genetik spesies, umur dan kondisi fisiologis eksplan, serta lingkungan kultur. Berpengaruh tidak nyata perlakuan dalam penelitian ini diduga merupakan akibat dari kombinasi keseimbangan hormon endogen, penggunaan media $\frac{1}{2}$ MS yang telah mendukung pertumbuhan eksplan, rasio BAP dan NAA yang masih berada dalam kisaran fisiologis, serta kondisi kultur yang stabil. Meskipun tidak ditemukan kombinasi perlakuan yang berbeda nyata secara statistik, seluruh kombinasi BAP dan NAA yang diuji tetap mampu mendukung pertumbuhan *Nepenthes* sp. secara *in vitro*. Temuan ini menunjukkan bahwa kisaran konsentrasi BAP 1,0–3,0 ppm dan NAA 0,5–1,5 ppm masih sesuai digunakan sebagai media induksi tunas, meskipun belum menghasilkan respons yang berbeda nyata antarperlakuan.



1



2



3



4



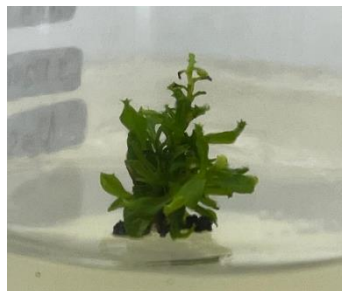
5



6



7



8



9

Keterangan :

1. BAP 1 ppm dan NAA 0,5 ppm
2. BAP 2 ppm dan NAA 0,5 ppm
3. BAP 3 ppm dan NAA 0,5 ppm
4. BAP 1 ppm dan NAA 1 ppm
5. BAP 2 ppm dan NAA 1 ppm
6. BAP 3 ppm dan NAA 1 ppm
7. BAP 1 ppm dan NAA 1,5 ppm
8. BAP 2 ppm dan NAA 1,5 ppm
9. BAP 3 ppm dan NAA 1,5 ppm

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi BAP dan NAA pada media $\frac{1}{2}$ MS tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap induksi tunas *Nepenthes* sp. pada seluruh parameter yang diamati dalam rentang konsentrasi yang diuji, sehingga belum diperoleh kombinasi perlakuan yang paling efektif. Meskipun demikian, seluruh kombinasi perlakuan masih mampu mendukung pertumbuhan plantlet *Nepenthes* sp. secara *in vitro*, sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi informasi dasar dalam pengembangan teknik kultur jaringan untuk mendukung upaya konservasi dan perbanyakan *Nepenthes*. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan rentang konsentrasi BAP dan NAA yang lebih luas serta menambahkan perlakuan kontrol tanpa zat pengatur tumbuh (ZPT) untuk memperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai respons *Nepenthes* sp. terhadap induksi tunas secara *in vitro*.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z. (1993). *Dasar-dasar pengetahuan tentang zat pengatur tumbuh*. Angkasa.
- Bhojwani, S. S., & Razdan, M. K. (1996). *Plant tissue culture: Theory and practice*. Elsevier.
- Davies, P. J. (2010). *Plant hormones: Biosynthesis, signal transduction, action!* (3rd ed.). Springer.
- George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Springer.
- Gunawan, L. W. (2002). *Teknik kultur jaringan*. Penebar Swadaya.
- Hendaryono, D., & Wijayani, A. (1994). *Teknik kultur jaringan: Pengenalan dan petunjuk perbanyakan tanaman secara vegetatif modern*. Kanisius.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa yang dilindungi*.
- Lestari, E. G. (2011). Peranan zat pengatur tumbuh dalam perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan. *Jurnal Agro Biogen*, 7(1), 63–68.
- Nongdam, P., & Tikendra, L. (2014). Establishment of an efficient *in vitro* regeneration protocol for *Nepenthes khasiana* Hook. f., a rare insectivorous plant of India. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20(2), 205–213.
- Nuryadin, E., Sugiyono, & Proklamasiningsih, E. (2017). Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap multiplikasi tunas dan bahan penyangga pada pembentukan plantlet *Nepenthes adrianii* secara *in vitro*. *Jurnal Bioeksperimen*, 3(2), 31–44.
- Rahayu, E. M. D., & Isnaini, Y. (2009). Induksi pembentukan kantong tanaman *Nepenthes rafflesiana* pada berbagai konsentrasi media dan ukuran wadah kultur. Prosiding seminar.

- Rahayu, E. S., & Banowati, N. C. (2022). In vitro multiplication of *Nepenthes mirabilis* with variations in sucrose and BAP concentrations. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 14(3), 417–421.
- Rosmaina, & Dinni, A. (2015). Optimasi NAA dan BAP terhadap pertumbuhan dan perkembangan tunas mikro tanaman kantong semar (*Nepenthes mirabilis*) secara in vitro. *Jurnal Agroteknologi*, 5(2), 29–36.
- Roy, R. K. (2014). *Plant tissue culture*. New India Publishing Agency.
- Schmülling, T., & Werner, T. (2009). Cytokinin action in plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(5), 527–538.
- Siti-Suhaila, A. R., & Norwati, M. (2021). *Micropropagation of Nepenthes hybrid (N. viking × N. miranda) using a temporary immersion bioreactor system, SETIS™*. *Journal of Tropical Forest Science*, 33(4), 494–500.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2018). *Plant physiology and development* (6th ed.). Oxford University Press.