


Pengaruh Dosis Biostimulan Berbasis Ekstrak Rumput Laut terhadap Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Induksi Pembungaan Anggrek *Phalaenopsis* secara In Vitro

Kiky Nurfitri Sari ^{1*}, Mutmainnah ¹

¹Budidaya Tanaman Hortikultura, Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong

*Corresponding author's e-mail: nurfitrisarikiky@gmail.com

Article Info	Abstrak
<p><i>Article History:</i> Diterima : 07/3/2026 Direvisi : 11/3/2026 Diterima : 16/3/2026 Diterbitkan : 21/3/2026</p> <p>Kata Kunci Biostimulan; Ekstrak Rumput Laut; <i>Phalaenopsis</i>; Kultur In Vitro; Pembungaan</p>	<p>Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya peningkatan kualitas pertumbuhan dan pembungaan anggrek <i>Phalaenopsis</i> dalam sistem kultur In Vitro sebagai upaya mendukung produksi bibit secara massal dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi biostimulan berbasis ekstrak rumput laut terhadap pertumbuhan, kandungan klorofil, dan induksi pembungaan planlet anggrek. Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor berupa konsentrasi biostimulan (0–8 ml/L). Data dikumpulkan melalui pengamatan terhadap Indeks Vigor Planlet (PVI), kandungan klorofil total, dan Indeks Induksi Pembungaan (FII), serta dianalisis menggunakan ANOVA dan uji lanjut DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diamati, dengan konsentrasi optimum pada 6 ml/L. Peningkatan pertumbuhan dan pembungaan diduga terkait dengan kandungan hormon tumbuh dan unsur hara dalam ekstrak rumput laut yang meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan pendekatan multi-parameter untuk evaluasi pertumbuhan tanaman, serta kontribusi praktis dalam optimalisasi produksi bibit anggrek melalui kultur jaringan.</p>

	Abstract
<p>Keyword: <i>biostimulant; seaweed extract; Phalaenopsis; In Vitro culture; flowering</i></p> <p> This article is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.</p>	<p><i>This study is motivated by the need to enhance the growth and flowering quality of Phalaenopsis orchids under In Vitro culture systems to support large-scale and sustainable seedling production. The objective of this study was to analyze the effect of seaweed-based biostimulant application on plantlet growth, chlorophyll content, and flowering induction. The research employed an experimental approach using a Completely Randomized Design (CRD) with a single factor, namely biostimulant concentration (0–8 ml/L). Data were collected by measuring Plantlet Vigor Index (PVI), total chlorophyll content, and Flowering Induction Index (FII), and analyzed using ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results showed that biostimulant application significantly affected all observed parameters, with the optimum concentration at 6 ml/L. The enhancement in growth and flowering is associated with the presence of phytohormones and nutrients in seaweed extract that improve plant physiological activity. This study contributes theoretically by applying a multi-parameter approach in plant evaluation and practically by providing insights for optimizing orchid seedling production through tissue culture techniques.</i></p>

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini (APA 7th Style) :

Sari, K. N., & Mutmainnah. (2026). Pengaruh Dosis Biostimulan Berbasis Ekstrak Rumput Laut Terhadap Pertumbuhan, Kandungan Klorofil, dan Induksi Pembungaan Anggrek *Phalaenopsis* Secara In Vitro. *Agrofera: Agronomical Journal*, 1(1), 12–22. <https://doi.org/xxxxxx/xxxxxx>

Pendahuluan

Anggrek *Phalaenopsis* merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang memiliki permintaan pasar yang terus meningkat baik di tingkat nasional maupun global. Tanaman ini dikenal karena keindahan bunga, variasi warna yang beragam, serta daya tahan bunga yang relatif lama, sehingga menjadi primadona dalam industri florikultura (Cardoso et al., 2020; Teixeira da Silva et al., 2017). Namun demikian, produksi bibit anggrek secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala, antara lain laju pertumbuhan yang lambat, tingkat keberhasilan rendah, serta ketergantungan tinggi terhadap kondisi lingkungan (Chugh et al., 2019). Oleh karena itu, teknik kultur jaringan (*In Vitro*) berkembang sebagai solusi untuk menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, dan bebas penyakit dalam waktu yang relatif lebih singkat (Park et al., 2018). Meskipun demikian, optimalisasi pertumbuhan dan pembungaan planlet dalam sistem *In Vitro* masih menjadi tantangan penting yang perlu diatasi melalui inovasi teknologi budidaya (Hossain et al., 2021).

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan biostimulan berbasis bahan alami semakin berkembang sebagai pendekatan inovatif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Salah satu sumber biostimulan yang banyak diteliti adalah ekstrak rumput laut yang mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti hormon tumbuh alami (auksin, sitokinin, dan giberelin), asam amino, vitamin, serta unsur hara mikro (Khan et al., 2009; Shukla et al., 2019). Senyawa-senyawa tersebut diketahui mampu meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman, termasuk pembelahan sel, pemanjangan sel, dan efisiensi fotosintesis (Ali et al., 2021; Bulgari et al., 2019). Dalam konteks kultur *In Vitro*, aplikasi biostimulan berpotensi meningkatkan kualitas planlet serta mempercepat transisi dari fase vegetatif ke fase generatif. Namun demikian, efektivitas biostimulan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan, sehingga diperlukan kajian yang lebih mendalam untuk menentukan dosis optimal yang memberikan respon terbaik terhadap pertumbuhan dan pembungaan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa ekstrak rumput laut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman hortikultura melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, serta panjang akar (Craigie, 2011; Calvo et al., 2014; Colla et al., 2017). Selain itu, beberapa studi juga menunjukkan bahwa biostimulan dapat meningkatkan kandungan klorofil sebagai indikator kapasitas fotosintesis tanaman (Jannin et al., 2013; Ertani et al., 2018). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada parameter morfologis sederhana dan belum menggunakan indikator komprehensif yang mampu menggambarkan performa pertumbuhan secara menyeluruh. Di sisi lain, kajian mengenai pengaruh biostimulan terhadap fase generatif, khususnya induksi pembungaan dalam sistem kultur *In Vitro*, masih sangat terbatas (Winarto et al., 2015). Penelitian yang mengintegrasikan aspek pertumbuhan vegetatif, fisiologis, dan generatif secara simultan juga belum banyak dilakukan, terutama pada komoditas anggrek *Phalaenopsis* (Chen et al., 2018). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu diisi melalui pendekatan yang lebih holistik dan terukur.

Kesenjangan penelitian yang teridentifikasi meliputi terbatasnya penggunaan indikator kuantitatif seperti *Plantlet Vigor Index* (PVI) dalam menilai kualitas pertumbuhan planlet, kurangnya kajian mengenai hubungan antara aplikasi biostimulan dan kandungan klorofil dalam sistem *In Vitro*, serta minimnya penelitian yang secara spesifik mengevaluasi induksi pembungaan anggrek menggunakan biostimulan berbasis ekstrak rumput laut. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya belum memanfaatkan teknik visualisasi data modern yang mampu memberikan gambaran distribusi data secara lebih komprehensif (Zhang et al., 2019; Li et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu mengintegrasikan berbagai parameter tersebut untuk

menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai respon tanaman terhadap aplikasi biostimulan (Du Jardin, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi biostimulan berbasis ekstrak rumput laut terhadap pertumbuhan, kandungan klorofil, dan induksi pembungaan planlet anggrek *Phalaenopsis* secara *In Vitro*. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan multi-parameter yang mencakup aspek morfologis, fisiologis, dan generatif secara simultan, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai respon tanaman. Selain itu, penelitian ini juga mengintegrasikan analisis statistik dengan visualisasi data menggunakan raincloud plot yang mampu menampilkan distribusi data secara lebih informatif dan modern.

Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian ilmiah mengenai peran biostimulan dalam meningkatkan pertumbuhan dan pembungaan tanaman melalui pendekatan fisiologis dan kuantitatif. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan teknologi budidaya anggrek, khususnya dalam menentukan konsentrasi optimal biostimulan untuk meningkatkan kualitas planlet dan efisiensi produksi bibit secara massal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung pengembangan industri florikultura yang berkelanjutan.

Metode Penelitian

1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari satu faktor, yaitu konsentrasi biostimulan berbasis ekstrak rumput laut. Pendekatan ini dipilih karena mampu menguji hubungan sebab-akibat secara langsung antara perlakuan dan respon pertumbuhan serta pembungaan planlet anggrek *Phalaenopsis*. Pemilihan desain eksperimental didasarkan pada karakteristik penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh perlakuan spesifik dalam kondisi terkontrol, yaitu sistem kultur *In Vitro*. Lingkungan yang steril dan homogen memungkinkan minimnya variabel pengganggu, sehingga efek perlakuan dapat diamati secara lebih akurat dan valid (George et al., 2008; Cassells, 2012).

2. Lokasi dan Partisipan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Tanaman Hortikultura Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong yang memiliki fasilitas steril dan terkendali. Objek penelitian berupa planlet anggrek *Phalaenopsis* hasil kultur *In Vitro* yang telah mencapai fase pertumbuhan awal dan memiliki kondisi fisiologis yang relatif seragam. Pemilihan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu memilih planlet yang sehat, bebas kontaminasi, dan memiliki ukuran yang relatif homogen untuk mengurangi bias eksperimen. Setiap unit percobaan terdiri dari satu botol kultur yang berisi $\pm 3-5$ planlet. Total unit percobaan sebanyak 20-25 botol, yang dianggap cukup untuk mewakili variasi data dan memenuhi prinsip replikasi dalam penelitian eksperimental (Leifert & Cassells, 2001).

3. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan planlet selama periode penelitian. Parameter yang diamati meliputi indeks vigor planlet (PVI), kandungan klorofil total, dan indeks induksi pembungaan (FII).

Pengukuran dilakukan menggunakan alat standar laboratorium, seperti penggaris untuk panjang planlet dan akar, serta spektrofotometer untuk analisis kandungan klorofil. Selain itu, dokumentasi visual dilakukan untuk mendukung validitas data. Untuk menjamin keabsahan data, digunakan teknik triangulasi metode, yaitu mengombinasikan pengukuran kuantitatif dengan dokumentasi visual. Validasi juga dilakukan melalui pengulangan (replikasi) pada setiap perlakuan. Aspek etika penelitian diperhatikan dengan menjaga kebersihan laboratorium, menghindari kontaminasi, serta memastikan prosedur dilakukan sesuai standar kultur jaringan.

4. Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan persiapan media kultur dasar Murashige and Skoog (MS) yang diperkaya dengan sukrosa dan agar sebagai sumber energi dan pematat media. Selanjutnya, biostimulan berbasis ekstrak rumput laut ditambahkan ke dalam media sesuai dengan taraf perlakuan, yaitu P0 (0 ml/L), P1 (2 ml/L), P2 (4 ml/L), P3 (6 ml/L), dan P4 (8 ml/L). Planlet anggrek *Phalaenopsis* kemudian diinokulasikan ke dalam botol kultur secara aseptik di dalam laminar airflow cabinet. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4–5 kali untuk meningkatkan reliabilitas data. Selama masa inkubasi, planlet dipelihara pada kondisi lingkungan terkendali dengan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya yang sesuai untuk pertumbuhan anggrek. Pengamatan dilakukan secara berkala untuk mencatat perubahan pertumbuhan dan perkembangan planlet.

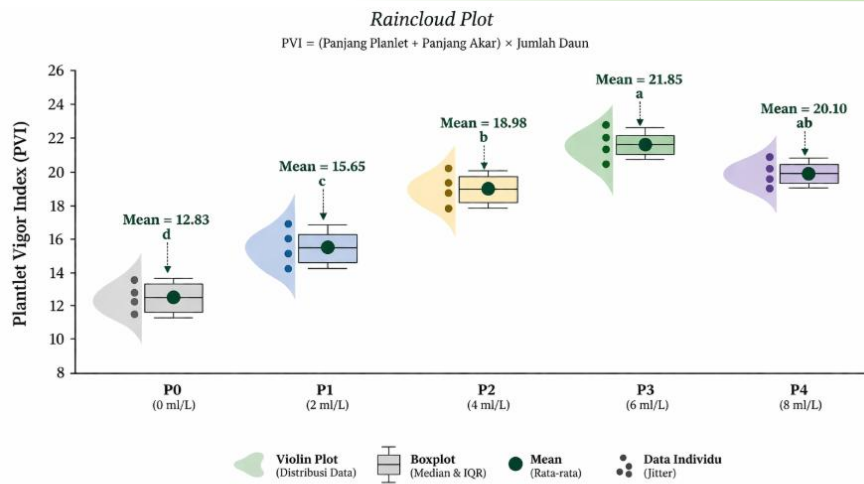
5. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk membandingkan antar perlakuan. Selain analisis statistik, data juga divisualisasikan menggunakan raincloud plot, yang menggabungkan violin plot, boxplot, dan scatter plot untuk memberikan gambaran distribusi data secara komprehensif. Validitas data kualitatif dijamin melalui prinsip credibility (keakuratan data), dependability (konsistensi hasil), confirmability (objektivitas), dan transferability (keterterapan hasil). Analisis dilakukan secara sistematis melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan, sehingga menghasilkan interpretasi yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Hasil dan Pembahasan

1. Indeks Vigor Planlet (Plantlet Vigor Index, PVI)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian biostimulan berbasis ekstrak rumput laut memberikan pengaruh terhadap peningkatan indeks vigor planlet anggrek *Phalaenopsis* secara In Vitro. Peningkatan nilai PVI terlihat seiring dengan bertambahnya konsentrasi perlakuan hingga mencapai titik optimum.



Keterangan: Titik menunjukkan data individu (n = 4 ulangan). Kotak pada boxplot menunjukkan interkuartil (IQR) dengan garis tengah sebagai median. Titik hijau tua menunjukkan nilai rata-rata. Huruf yang berbeda di atas grafik menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%.

Gambar 1. Raincloud Plot Indeks Vigor Planlet (PVI) Anggrek *Phalaenopsis* pada Berbagai Konsentrasi Biostimulan Berbasis Ekstrak Rumput Laut Secara In Vitro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biostimulan berbasis ekstrak rumput laut memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan Indeks Vigor Planlet (PVI) anggrek *Phalaenopsis* secara In Vitro. Berdasarkan Gambar 1, nilai rata-rata PVI meningkat secara bertahap dari perlakuan kontrol (P0) sebesar 12,83 hingga mencapai nilai tertinggi pada perlakuan P3 (6 ml/L) sebesar 21,85. Selanjutnya, pada perlakuan P4 (8 ml/L), terjadi sedikit penurunan nilai PVI menjadi 20,10. Distribusi data yang ditampilkan dalam raincloud plot menunjukkan bahwa variasi data pada setiap perlakuan relatif homogen, dengan kecenderungan peningkatan nilai median dan mean seiring bertambahnya konsentrasi biostimulan. Notasi huruf yang berbeda pada masing-masing perlakuan mengindikasikan adanya perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi biostimulan berperan penting dalam meningkatkan kualitas pertumbuhan planlet secara keseluruhan.

Peningkatan nilai PVI pada perlakuan biostimulan menunjukkan bahwa ekstrak rumput laut mengandung senyawa bioaktif seperti hormon tumbuh (auksin, sitokinin, dan giberelin), asam amino, serta unsur hara mikro yang mampu merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman. Kandungan tersebut berperan dalam meningkatkan pembelahan sel, pemanjangan sel, serta pembentukan organ tanaman seperti daun dan akar. Nilai optimum yang diperoleh pada konsentrasi 6 ml/L (P3) menunjukkan adanya titik keseimbangan antara ketersediaan zat aktif dan kemampuan planlet dalam merespon perlakuan. Pada konsentrasi ini, biostimulan mampu meningkatkan efisiensi metabolisme tanaman, sehingga pertumbuhan berlangsung optimal. Sebaliknya, penurunan pada konsentrasi 8 ml/L (P4) mengindikasikan adanya efek jenuh atau bahkan potensi stres fisiologis akibat akumulasi senyawa tertentu dalam media kultur. Hal ini sesuai dengan konsep bahwa respon tanaman terhadap zat pengatur tumbuh bersifat dosis-respons, di mana konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan.

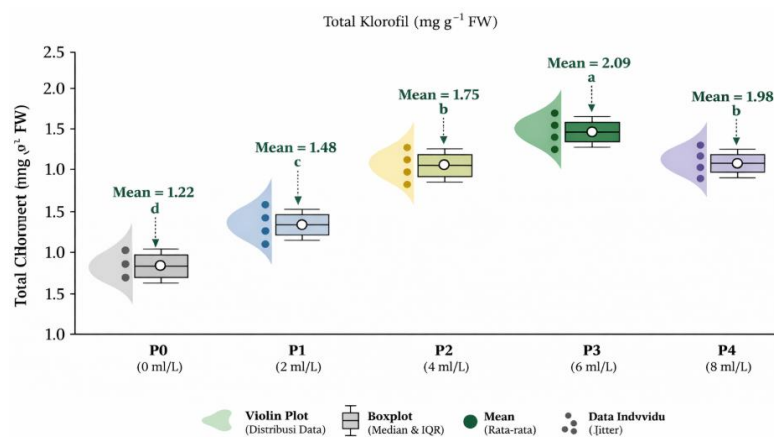
Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa biostimulan berbasis bahan alami, seperti ekstrak rumput laut, memiliki peran signifikan dalam meningkatkan vigor tanaman melalui mekanisme fisiologis dan biokimia (Bulgari et al., 2019; Roupael & Colla, 2020; Ali et al., 2021). Temuan ini juga mendukung teori bahwa interaksi antara hormon tumbuh eksogen dan endogen dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, khususnya dalam kondisi *In Vitro* yang terkontrol (George et

al., 2008). Secara praktis, penggunaan biostimulan pada konsentrasi optimum (6 ml/L) dapat direkomendasikan sebagai strategi untuk meningkatkan kualitas planlet anggrek *Phalaenopsis* dalam skala laboratorium maupun industri kultur jaringan. Peningkatan vigor planlet sangat penting karena berkorelasi dengan tingkat keberhasilan aklimatisasi dan pertumbuhan di tahap selanjutnya. Dengan demikian, hasil penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi produksi bibit anggrek secara massal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi sebelumnya yang melaporkan bahwa ekstrak rumput laut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui kandungan zat bioaktifnya (Calvo et al., 2014; Shukla et al., 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan berbasis rumput laut dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, serta panjang akar pada berbagai komoditas hortikultura. Namun, perbedaan utama dalam penelitian ini terletak pada penggunaan pendekatan kuantitatif melalui Indeks Vigor Planlet (PVI) sebagai indikator komprehensif pertumbuhan. Selain itu, penggunaan sistem kultur *In Vitro* memberikan keunggulan dalam mengontrol variabel lingkungan, sehingga efek perlakuan dapat diamati secara lebih spesifik. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan parameter tunggal, pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih holistik terhadap respon pertumbuhan tanaman. Meskipun demikian, pola respon yang menunjukkan peningkatan hingga titik optimum dan kemudian menurun pada konsentrasi tinggi juga konsisten dengan temuan penelitian lain, yang mengindikasikan adanya batas toleransi tanaman terhadap aplikasi biostimulan. Hal ini menegaskan pentingnya penentuan dosis yang tepat dalam aplikasi biostimulan untuk mencapai hasil yang maksimal.

2. Kandungan Klorofil Total (*Total Chlorophyll Content*)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan berbasis ekstrak rumput laut berpengaruh terhadap peningkatan kandungan klorofil total planlet anggrek *Phalaenopsis* secara *In Vitro*. Peningkatan kandungan klorofil terjadi seiring dengan peningkatan konsentrasi perlakuan hingga mencapai kondisi optimum, yang mengindikasikan adanya peningkatan aktivitas fisiologis terutama dalam proses fotosintesis.



Keterangan: Titik menunjukkan data individu (n = 4 ulangan). Kotak pada boxplot menunjukkan interkuartil (IQR) dengan garis tengah

Gambar 2. Raincloud Plot Kandungan Klorofil Total Planlet *Phalaenopsis* pada Berbagai Konsentrasi Biostimulan Berbasis Ekstrak Rumput Laut Secara *In Vitro*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biostimulan berbasis ekstrak rumput laut memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan klorofil total planlet anggrek *Phalaenopsis* secara *In*

Vitro. Berdasarkan Gambar 2, nilai rata-rata kandungan klorofil total mengalami peningkatan bertahap dari perlakuan kontrol (P0) sebesar $1,22 \text{ mg g}^{-1}$ berat segar hingga mencapai nilai tertinggi pada perlakuan P3 (6 ml/L) sebesar $2,09 \text{ mg g}^{-1}$. Pada perlakuan P4 (8 ml/L), terjadi sedikit penurunan nilai menjadi $1,98 \text{ mg g}^{-1}$, meskipun masih lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya selain P3. Visualisasi menggunakan raincloud plot menunjukkan distribusi data yang relatif konsisten pada setiap perlakuan, dengan kecenderungan peningkatan nilai median dan rata-rata seiring bertambahnya konsentrasi biostimulan. Notasi huruf yang berbeda pada masing-masing perlakuan menunjukkan adanya perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi biostimulan memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kandungan klorofil sebagai indikator utama kapasitas fotosintesis planlet.

Peningkatan kandungan klorofil total pada planlet *Phalaenopsis* menunjukkan bahwa biostimulan berbasis ekstrak rumput laut berperan dalam meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman, khususnya dalam proses fotosintesis. Ekstrak rumput laut diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti sitokinin, auksin, betain, serta unsur hara mikro seperti magnesium (Mg) dan besi (Fe) yang berperan penting dalam biosintesis klorofil. Magnesium merupakan komponen utama molekul klorofil, sedangkan besi berfungsi sebagai kofaktor dalam pembentukan enzim fotosintetik. Konsentrasi optimum pada perlakuan P3 (6 ml/L) menunjukkan bahwa pada dosis tersebut terjadi keseimbangan antara ketersediaan nutrisi dan kemampuan planlet dalam menyerap serta memanfaatkan senyawa aktif. Peningkatan klorofil pada konsentrasi ini berimplikasi langsung terhadap peningkatan efisiensi fotosintesis, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan vegetatif yang lebih baik.

Sebaliknya, penurunan kandungan klorofil pada konsentrasi lebih tinggi (P4) mengindikasikan adanya kemungkinan efek stres fisiologis akibat akumulasi senyawa tertentu dalam media. Konsentrasi biostimulan yang terlalu tinggi dapat mengganggu keseimbangan metabolisme sel, sehingga menurunkan efisiensi sintesis klorofil. Fenomena ini menunjukkan bahwa respon tanaman terhadap biostimulan bersifat non-linear dan sangat dipengaruhi oleh dosis yang diberikan.

Konsep bahwa biostimulan berbasis bahan alami mampu meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman melalui peningkatan kandungan klorofil telah banyak didukung dalam literatur ilmiah (Ertani et al., 2018; Bulgari et al., 2019). Temuan ini juga mendukung teori bahwa aplikasi zat pengatur tumbuh eksogen dapat memodulasi proses fisiologis tanaman, terutama dalam kondisi *In Vitro* yang memiliki keterbatasan faktor lingkungan alami (George et al., 2008). Selain itu, peningkatan klorofil sebagai indikator fisiologis memberikan bukti bahwa biostimulan tidak hanya mempengaruhi pertumbuhan morfologis, tetapi juga proses metabolisme internal tanaman. Secara praktis, penggunaan biostimulan pada konsentrasi optimum (6 ml/L) dapat direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas planlet anggrek *Phalaenopsis* dalam sistem kultur jaringan. Kandungan klorofil yang tinggi berkorelasi dengan kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis secara efisien, yang sangat penting pada tahap aklimatisasi di luar kultur (Ali et al., 2021). Dengan demikian, aplikasi biostimulan dapat menjadi strategi inovatif dalam meningkatkan keberhasilan produksi bibit anggrek yang berkualitas tinggi dan seragam.

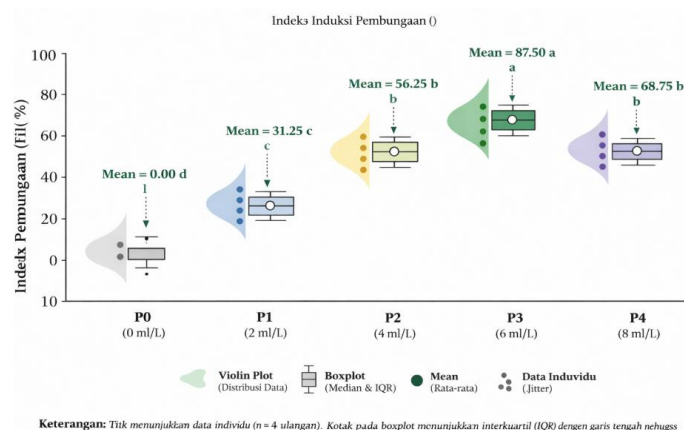
Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai studi sebelumnya yang melaporkan bahwa ekstrak rumput laut mampu meningkatkan kandungan klorofil pada berbagai tanaman hortikultura (Jannin et al., 2013; Shukla et al., 2019). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan berbasis rumput laut dapat meningkatkan kandungan klorofil daun melalui peningkatan penyerapan unsur hara dan stimulasi aktivitas enzim fotosintetik. Namun demikian, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan melalui penggunaan sistem kultur *In Vitro*, yang memungkinkan pengamatan

respon fisiologis tanaman secara lebih terkontrol. Selain itu, penggunaan pendekatan visualisasi data seperti *raincloud plot* memberikan gambaran yang lebih komprehensif terkait distribusi data dan variasi antar perlakuan, yang jarang digunakan dalam penelitian sebelumnya.

Pola respon yang menunjukkan peningkatan hingga titik optimum dan penurunan pada konsentrasi tinggi juga konsisten dengan hasil penelitian lain, yang menegaskan adanya batas toleransi tanaman terhadap aplikasi biostimulan (Calvo et al., 2014). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengkonfirmasi temuan sebelumnya, tetapi juga memperkuat pentingnya penentuan dosis optimal dalam aplikasi biostimulan untuk mencapai hasil yang maksimal baik secara fisiologis maupun agronomis.

3. Indeks Induksi Pembungaan (Flowering Induction Index, FII)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biostimulan berbasis ekstrak rumput laut berpengaruh nyata terhadap peningkatan indeks induksi pembungaan planlet anggrek *Phalaenopsis* secara In Vitro. Persentase pembungaan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi perlakuan hingga mencapai titik optimum, yang mengindikasikan peran biostimulan dalam merangsang fase generatif tanaman.



Gambar 3. Raincloud Plot Indeks Induksi Pembungaan (FII) Planlet *Phalaenopsis* pada Berbagai Konsentrasi Biostimulan Berbasis Ekstrak Rumput Laut

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biostimulan berbasis ekstrak rumput laut memberikan pengaruh nyata terhadap Indeks Induksi Pembungaan (FII) planlet anggrek *Phalaenopsis* secara In Vitro. Berdasarkan Gambar 3, tidak terdapat pembungaan pada perlakuan kontrol (P0) dengan nilai FII sebesar 0%. Namun, pada perlakuan dengan penambahan biostimulan, terjadi peningkatan persentase pembungaan secara bertahap. Nilai FII pada perlakuan P1 (2 ml/L) mencapai 31,25%, meningkat pada P2 (4 ml/L) sebesar 56,25%, dan mencapai nilai tertinggi pada P3 (6 ml/L) sebesar 87,50%. Selanjutnya, pada perlakuan P4 (8 ml/L), nilai FII mengalami penurunan menjadi 68,75%. Visualisasi menggunakan raincloud plot memperlihatkan distribusi data yang jelas pada masing-masing perlakuan, dengan kecenderungan peningkatan nilai median dan rata-rata hingga perlakuan optimum. Notasi huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%. Hal ini menegaskan bahwa aplikasi biostimulan berpengaruh signifikan dalam merangsang pembungaan planlet secara In Vitro.

Peningkatan Indeks Induksi Pembungaan (FII) pada perlakuan biostimulan menunjukkan bahwa ekstrak rumput laut memiliki peran penting dalam merangsang transisi fase vegetatif ke fase generatif. Kandungan senyawa bioaktif dalam ekstrak rumput laut, seperti sitokinin dan giberelin, diketahui

berperan dalam induksi pembungaan melalui regulasi ekspresi gen yang terlibat dalam pembentukan bunga. Sitokinin berperan dalam pembelahan sel dan diferensiasi jaringan, sedangkan giberelin berfungsi dalam pemanjangan batang serta induksi pembungaan pada beberapa spesies tanaman. Nilai optimum pada perlakuan P3 (6 ml/L) menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut terjadi keseimbangan optimal antara ketersediaan hormon eksogen dan respons fisiologis planlet. Pada kondisi ini, tanaman mampu mengalokasikan energi secara efisien untuk mendukung pembentukan organ reproduktif. Sebaliknya, penurunan nilai FII pada perlakuan P4 (8 ml/L) mengindikasikan adanya efek negatif akibat konsentrasi yang terlalu tinggi, seperti ketidakseimbangan hormon atau stres fisiologis yang dapat menghambat proses pembungaan. Fenomena ini sesuai dengan konsep dose-response dalam fisiologi tanaman, di mana peningkatan dosis zat pengatur tumbuh akan memberikan efek positif hingga batas tertentu, kemudian menurun atau bahkan menjadi toksik pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat konsep bahwa biostimulan berbasis ekstrak rumput laut dapat berfungsi sebagai agen pemicu pembungaan melalui mekanisme regulasi hormonal dan peningkatan aktivitas metabolik tanaman (Sharma et al., 2014; Craigie, 2011; Roupael & Colla, 2020). Temuan ini juga mendukung teori bahwa interaksi antara hormon eksogen dan sistem regulasi internal tanaman memainkan peran penting dalam menentukan waktu dan keberhasilan pembungaan, khususnya dalam sistem kultur *In Vitro* yang terkontrol (George et al., 2008). Secara praktis, hasil penelitian ini memiliki implikasi penting dalam industri hortikultura, khususnya dalam produksi anggrek *Phalaenopsis*. Aplikasi biostimulan pada konsentrasi optimum (6 ml/L) dapat digunakan sebagai strategi untuk mempercepat dan meningkatkan persentase pembungaan, sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis tanaman. Selain itu, kemampuan untuk mengontrol pembungaan secara *In Vitro* membuka peluang dalam produksi tanaman berbunga secara terjadwal, yang sangat penting dalam memenuhi permintaan pasar. Penggunaan biostimulan juga merupakan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan zat pengatur tumbuh sintetis, sehingga sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa ekstrak rumput laut dapat meningkatkan pembungaan pada berbagai tanaman hortikultura (Khan et al., 2009; Shukla et al., 2019). Studi terdahulu menunjukkan bahwa kandungan hormon alami dalam ekstrak rumput laut mampu merangsang pembentukan bunga serta meningkatkan kualitas hasil tanaman (Bulgari et al., 2019). Namun, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan mengkaji respon pembungaan pada tahap kultur *In Vitro* menggunakan pendekatan kuantitatif melalui Indeks Induksi Pembungaan (FII). Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih terukur mengenai efektivitas perlakuan dibandingkan dengan pengamatan kualitatif semata. Selain itu, penggunaan visualisasi data seperti *raincloud plot* memberikan keunggulan dalam menampilkan distribusi data secara lebih informatif. Pola peningkatan hingga titik optimum dan penurunan pada konsentrasi tinggi juga konsisten dengan penelitian lain yang menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan memiliki batas optimal dalam mempengaruhi proses fisiologis tanaman (Calvo et al., 2014). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengkonfirmasi temuan sebelumnya, tetapi juga memperkaya literatur dengan pendekatan metodologis yang lebih komprehensif dan aplikatif.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi biostimulan berbasis ekstrak rumput laut berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan pembungaan planlet anggrek *Phalaenopsis* secara

In Vitro. Peningkatan konsentrasi biostimulan hingga 6 ml/L mampu meningkatkan Indeks Vigor Planlet (PVI), kandungan klorofil total, serta Indeks Induksi Pembungaan (FII) secara optimal. Konsentrasi tersebut terbukti memberikan respon terbaik dalam mendukung pertumbuhan vegetatif, aktivitas fisiologis, dan transisi ke fase generatif. Sebaliknya, penggunaan biostimulan pada konsentrasi yang lebih tinggi (8 ml/L) menunjukkan kecenderungan penurunan respon, yang mengindikasikan adanya efek jenuh atau stres fisiologis akibat kelebihan senyawa aktif. Hal ini menegaskan bahwa respon tanaman terhadap biostimulan bersifat dosis-respons dan memerlukan penentuan konsentrasi optimal.

Secara ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan pendekatan multi-parameter untuk mengevaluasi pertumbuhan tanaman secara komprehensif. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam optimalisasi produksi bibit anggrek melalui kultur jaringan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi mekanisme molekuler serta pengaruh biostimulan pada tahap aklimatisasi tanaman.

Daftar Pustaka

- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulatory activities of seaweed extracts. *Plants*, 10(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/plants10020359>
- Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticulture. *Agronomy*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Cardoso, J. C., Zanello, C. A., & Chen, J. T. (2020). Orchid biotechnology: Current status and perspectives. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 143, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01852-9>
- Cassells, A. C. (2012). Pathogen and biological contamination management in plant tissue culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 110, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s11240-012-0141-4>
- Chen, J. T., Chang, C., & Chang, W. C. (2018). Plant regeneration from protocorm-like bodies. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 135, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1438-5>
- Chugh, S., Guha, S., & Rao, I. U. (2019). Micropropagation of orchids. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 138, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s11240-019-01631-8>
- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Roupheal, Y. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science. *Journal of Applied Phycology*, 23, 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition and concept. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., Schiavon, M., Pizzeghello, D., & Nardi, S. (2018). Evaluation of seaweed extracts on plant growth. *Journal of Applied Phycology*, 30, 1943–1955. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1342-8>
- George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3>

- Hossain, M. M., Kant, R., Van, P. T., Winarto, B., Zeng, S., & Teixeira da Silva, J. A. (2021). The application of biotechnology in orchids. *Scientia Horticulturae*, 280, 109891. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109891>
- Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Lâiné, P., Goux, D., Garnica, M., & Ourry, A. (2013). Seaweed extracts and plant physiology. *Plant Growth Regulation*, 69, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9771-9>
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
- Leifert, C., & Cassells, A. C. (2001). Microbial hazards in plant tissue culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 37, 133–138. <https://doi.org/10.1007/s11627-001-0025-6>
- Li, Y., Xu, S., Gao, J., & Pan, S. (2020). Data visualization in plant science. *Plant Methods*, 16, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00648-1>
- Park, S. Y., Murthy, H. N., & Paek, K. Y. (2018). Protocorm-like body formation in orchids. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 135, 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1439-4>
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review. *Journal of Applied Phycology*, 26, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0109-9>
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). Ascophyllum nodosum extract biostimulant. *Frontiers in Plant Science*, 10, 655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>
- Winarto, B., Teixeira da Silva, J. A., & Cardoso, J. C. (2015). Orchid propagation and flowering induction. *Scientia Horticulturae*, 189, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.019>
- Zhang, X., Ervin, E. H., & Schmidt, R. E. (2019). Plant biostimulants and data analysis approaches. *HortScience*, 54(4), 1–7. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13577-18>