

Pengaruh Pemberian Ekoenzim dan *Nanobubbles* Oksigen terhadap Pertumbuhan Vegetatif Anggrek *Dendrobium* sp. dengan Sistem Hidroponik Vertikal

The Effect of Ecoenzyme and Oxygen Nanobubbles on the Vegetative Growth of Orchids *Dendrobium* sp. in a Vertical Hydroponic System

Nurrina Hapsari Lailanis^{1 *)}, Tintrim Rahayu^{2 **)}, Gatra Ervi Jayanti³
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang
Faculty of and Natural Science University Islam Malang

ABSTRAK

Kendala utama dalam budidaya tanaman anggrek umumnya terletak pada efektivitas proses pemupukan. Langkah alternatif yang dapat ditempuh adalah memanfaatkan pupuk organik berupa ekoenzim, yaitu cairan kaya nutrisi hasil fermentasi limbah organik dapur. Di sisi lain, *nanobubbles* (NBs) merupakan inovasi teknologi nano berupa gelembung berukuran 1-100 nm yang kini mulai diintegrasikan untuk memacu pertumbuhan anggrek *Dendrobium* sp. Secara fisiologis, pertumbuhan dan perkembangan anggrek sangat bergantung pada suplai nutrisi serta pemenuhan oksigen terlarut di dalam sistem hidroponik. Hidroponik vertikal merupakan metode budidaya tanaman yang menggunakan sistem tumbuh secara vertikal, di mana tanaman ditanam dalam lapisan-lapisan bertingkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian ekoenzim dan *nanobubbles* oksigen (NBsO₂) terhadap pertumbuhan anggrek *Dendrobium* sp. dengan sistem hidroponik vertikal. Metode eksperimen yang diterapkan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang mencakup 4 kombinasi perlakuan dan 6 kali ulangan, dengan jumlah unit sampel sebanyak 2 tanaman per unit percobaan. Dalam penelitian ini, anggrek diberi perlakuan dengan pemberian ekoenzim dan NBsO₂ secara terpisah dan kombinasi keduanya. Kelompok kontrol juga dibentuk tanpa pemberian perlakuan tambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekoenzim dan NBsO₂ 1 mL/L berpengaruh terhadap pertumbuhan diameter batang (16,7 mm), tinggi tanaman (13,1 cm), berat tanaman (5,7 g), dan panjang daun (7,8 cm). Pemberian ekoenzim 1 mL/L berpengaruh terhadap jumlah daun (3,6), sedangkan pemberian NBsO₂ memberikan pengaruh terhadap panjang daun (7,8 cm). Warna daun sebelum dan sesudah perlakuan NBsO₂ dan ekoenzim tidak mengalami perubahan warna daun, dengan kode warna RHS/ *Color Chart Guide* yang sesuai dengan warna daun adalah no 144 Yellow Green Group, dengan kode A Strong Yellow Green.

Kata kunci: Anggrek, Ekoenzim, Hidroponik, Nanobubbles Oksigen (NBsO₂)

ABSTRACT

A primary challenge in orchid cultivation often lies in the effectiveness of the fertilization process. An alternative approach involves utilizing organic fertilizer in the form of ecoenzymes nutrient liquids derived from the fermentation of organic kitchen waste. Meanwhile, *nanobubbles* (NBs) nanotechnology based bubbles ranging from 1-100 nm in size are increasingly being integrated to stimulate the growth of orchids *Dendrobium* sp. Physiologically, orchid growth and development rely heavily on nutrient supply and dissolved oxygen levels within the hydroponic system. Vertical hydroponics is a cultivation method that employs a vertical growing system, where plants are arranged in stacked tiers. This study aimed to determine the effects of applying eco-enzymes and oxygen nanobubbles (NBsO₂) on the growth of orchids *Dendrobium* sp. using a vertical hydroponic system. The experiment utilized a Randomized Block Design (RBD) comprising four treatment combinations and six replications, with two plants per experimental unit. Treatments involved the application of eco-enzymes and NBsO₂ both individually and in combination alongside a control group that received no additional treatments. The results indicated that the application

*) Nurrina Hapsari Lailanis, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang Jalan MT. Haryono No.193, Malang 65144, e-mail : sarinurina77@gmail.com

**) Tintrim Rahayu, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang Jalan MT. Haryono No.193, Malang 65144, e-mail : tintrimmr@gmail.com

***) Gatra Ervi Jayanti, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang Jalan MT. Haryono No.193, Malang 65144, e-mail : gatra.ervi@unisma.a.id

of ecoenzymes and 1 mL/L NBsO₂ influenced stem diameter (16.7 mm), plant height (13.1 cm), plant weight (5.7 g), and leaf length (7.8 cm). Ecoenzyme application at 1 mL/L affected the number of leaves (3.6), while NBsO₂ application influenced leaf length (7.8 cm). No changes in leaf color were observed before or after the NBsO₂ and ecoenzyme treatments, the color corresponded to the RHS Color Chart Guide code 144 (Yellow-Green Group), specifically shade A (Strong Yellow-Green).

Keywords: Orchids, Ecoenzyme, Hydroponics, Oxygen Nanobubbles (NBsO₂)

Pendahuluan

Sektor budidaya anggrek di Indonesia saat ini masih dihadapkan pada beberapa tantangan utama. Masalah tersebut meliputi laju pertumbuhan tanaman yang lambat, kuantitas dan kualitas bibit yang belum memadai, hingga praktik budidaya yang kurang tepat [1]. Guna mengatasi persoalan ini, penerapan hidroponik vertikal dapat menjadi salah satu opsi teknik budidaya yang solutif. Sistem ini menerapkan model bercocok tanam bertingkat ke atas yang hemat ruang. Berbeda dengan budidaya berbasis tanah, penggunaan hidroponik terbukti lebih mandiri terhadap perubahan musim dan mampu menghasilkan produktivitas tinggi pada lahan yang terbatas. Pada perkembangannya, pertumbuhan anggrek *Dendrobium* sp. dalam ekosistem hidroponik sangat dikontrol oleh pasokan nutrisi dan oksigen terlarut. Oleh karena itu, pemanfaatan cairan ekoenzim dikombinasikan dengan teknologi *nanobubbles* oksigen (NBsO₂) menjadi alternatif mutakhir untuk mengoptimalkan penyerapan hara selama masa pertumbuhan tanaman.

Sebagai larutan kaya enzim, ekoenzim berfungsi mempercepat dekomposisi material organik menjadi zat hara yang siap diserap oleh tanaman. Penggunaan cairan ini terbukti meningkatkan suplai nutrisi pada tanaman anggrek, sehingga mampu memacu pembelahan sel tanaman dan memperkuat struktur akar. Selain pemupukan organik, pemanfaatan *nanobubbles* oksigen juga menawarkan keuntungan besar bagi budidaya anggrek. Gelembung gas berskala nano ini memiliki kapasitas luar biasa dalam meningkatkan retensi kadar oksigen terlarut saat dicampurkan ke dalam air irigasi. Melimpahnya cadangan oksigen di sekitar area perakaran mempermudah respirasi akar anggrek, yang berujung pada peningkatan laju pertumbuhan serta performa visual tanaman yang lebih baik.

Sejumlah studi terdahulu telah membuktikan bahwa aplikasi ekoenzim dan *nanobubbles* oksigen (NBsO₂) mampu memberikan stimulasi positif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk famili anggrek. Dalam riset yang dilakukan oleh [2], teknologi NBs diintegrasikan pada budidaya anggrek, di mana hasil evaluasinya mengonfirmasi bahwa penggunaan gelembung nano ini efektif memacu perkembangan tanaman sekaligus berpotensi mereduksi dosis pupuk kimia sehingga lebih berwawasan lingkungan. Kendati demikian, kajian mendalam mengenai sinergi kedua variabel tersebut masih terbatas. Berdasarkan kesenjangan informasi (research gap) tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif mengenai "Pengaruh Pemberian Ekoenzim dan Nanobubbles Oksigen terhadap Pertumbuhan Tanaman Anggrek *Dendrobium* sp. dengan Sistem Hidroponik Vertikal".

Material dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman anggrek *Dendrobium* sp., air, moss hitam (akar kadaka), ekoenzim (Talam “Cintai Alam”) dan *nanobubbles* oksigen (NBsO₂).

Alat digunakan sebagai berikut: alat hidroponik vertikal, penggaris, kamera hp, netpot, timbangan analitik, gelas ukur, jangka sorong, pH, *thermohygrometer*, koran, ATK, hidroponik vertikal, nanogenerator (Yixing Holly Technology Co., Ltd, China) dengan kapasitas 5 L/menit dan *RHS Color Chart Guide* [3].

Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Orchidology dan Nursery FMIPA, Universitas Islam Malang, yang berlokasi di Jalan Mayjen Haryono No. 193, Dinoyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Penelitian berlangsung bulan Mei hingga Agustus 2023. Pendekatan penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menerapkan Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk mengevaluasi komparasi respons pertumbuhan tanaman anggrek *Dendrobium* sp. terhadap variasi konsentrasi ekoenzim dan aplikasi *nanobubbles* O₂. Uji coba ini mencakup 4 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 6 kali. Setiap unit ulangan terdiri atas 2 sampel tanaman, sehingga total populasi yang dianalisis berjumlah 48 tanaman anggrek *Dendrobium* sp.

Cara Kerja

Seleksi Tanaman: Seleksi tanaman anggrek meliputi kondisi penampakan batang, daun dan akar. Pemilihan bahan tanam merupakan langkah utama yang harus dilakukan untuk memulai penelitian. Pemilihan bahan tanam dilakukan dengan memperhatikan beberapa hal diantaranya umur tanaman, kesehatan tanaman, hingga ukuran tanam. Anggrek yang sehat memiliki akar yang putih bersih, tidak ada busuk daun, serta tanaman tidak layu.

Persiapan Media Tanam: Karakteristik media tanam memegang peranan penting dan harus disesuaikan dengan kebutuhan jenis tanaman anggrek, seperti penggunaan moss hitam untuk anggrek *Dendrobium* sp. Aspek penting yang melandasi pemilihan media tersebut mencakup kebersihan dari kontaminasi mikroba, sirkulasi udara (aerasi) yang memadai, sifat porus untuk kemudahan penyerapan air, daya tahan tinggi terhadap pembusukan, stabilitas keasaman, serta ketersediaan nutrisi bawaan. Sebelum digunakan, moss hitam melewati perlakuan awal berupa perebusan hingga air mendidih, yang kemudian ditiriskan dan dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil. Selanjutnya, media dipindahkan ke dalam wadah tanam berupa *netpot* silindris berdiameter 5 cm.

Pembuatan Larutan Nutrisi Ekoenzim dan *Nanobubbles* (NBsO₂): Prosedur preparasi dimulai dengan mengambil 1 mL cairan ekoenzim menggunakan mikropipet atau pipet tetes, kemudian diencerkan ke dalam 1 liter air. Larutan ekoenzim yang telah homogen tersebut selanjutnya dipindahkan ke dalam wadah penampung dan siap untuk diaplikasikan. Di sisi lain, prinsip kerja teknologi NBsO₂

didasarkan pada metode injeksi gas tertentu. Proses ini menghasilkan mikro-gelembung berukuran nanometer dengan stabilitas tinggi, sehingga gas tersebut dapat larut secara optimal ke dalam fase air.

Penanaman: Proses pemindahan tanaman memanfaatkan *netpot* berukuran diameter 5 cm dan tinggi 5 cm yang disesuaikan berdasarkan kondisi media uji. Bibit yang dipilih untuk penelitian ini merupakan tanaman yang berumur 7 hingga 8 bulan. Langkah penanamannya dilakukan dengan melilitkan media tanam di sekeliling akar secara hati-hati sebelum tanaman dimasukkan ke dalam *netpot*. Selanjutnya, tanaman ditempatkan pada sistem hidroponik bertingkat (vertikal) yang sebelumnya telah disiapkan dengan larutan nutrisi sesuai dengan jenis perlakuan yang diuji.

Perawatan: Perawatan intensif pada sistem hidroponik mutlak diperlukan untuk menghasilkan tanaman yang sehat dengan kualitas pertumbuhan yang optimal.

Pengukuran Parameter: Parameter agronomis yang dievaluasi dalam penelitian ini meliputi tinggi tanaman dan panjang daun yang diukur menggunakan mistar, jumlah helai daun, diameter batang menggunakan jangka sorong (*vernier caliper*), bobot basah tanaman menggunakan neraca analitik, serta intensitas warna daun yang dikalibrasi dengan panduan *RHS Color Chart*. Pengukuran seluruh parameter tersebut dilakukan secara berkala setiap satu minggu sekali selama masa pengamatan.

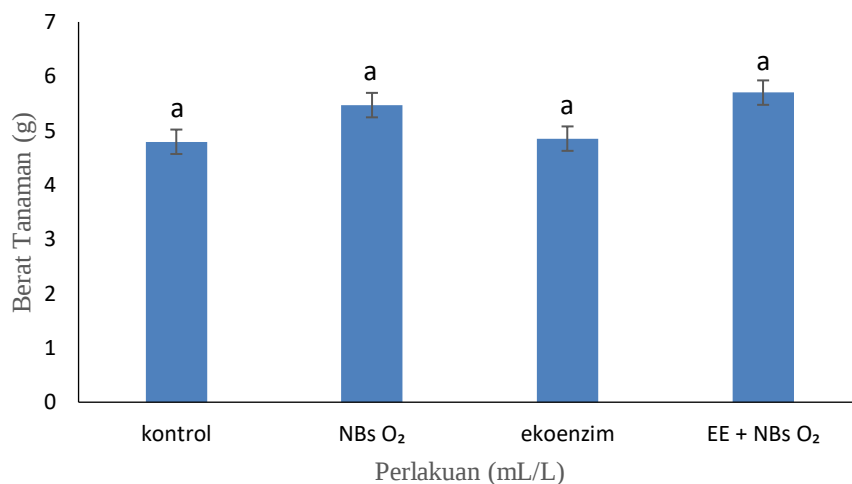
Analisis Data : Penyajian data hasil riset ini menggunakan pendekatan deskriptif berupa gambar, tabel, dan grafik, sementara pengujian hipotesisnya menerapkan analisis statistik MANOVA. Uji MANOVA ini berfungsi untuk mendeteksi pengaruh simultan perlakuan terhadap variabel-variabel terikat. Hasil analisis yang menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$ mengonfirmasi adanya pengaruh nyata perlakuan, sehingga analisis diteruskan dengan uji lanjut Bonferroni. Pengolahan data statistik pada studi ini sepenuhnya memanfaatkan aplikasi SPSS.

Hasil dan Diskusi

Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Berat Tanaman

Berdasarkan komparasi bobot tanaman anggrek *Dendrobium* sp., kombinasi perlakuan antara cairan ekoenzim dan *nanobubbles* oksigen terbukti memengaruhi berat basah tanaman secara signifikan. Gambar 1 mengilustrasikan bahwa pertumbuhan berat basah paling optimal diperoleh dari perlakuan ekoenzim yang disinergikan dengan *nanobubbles* oksigen, yaitu dengan peningkatan seberat 5,7 g. Sementara itu, kelompok tanpa perlakuan (kontrol) menghasilkan berat basah paling rendah di angka 4,8 g. Pemberian stimulus berupa ekoenzim dan *nanobubbles* oksigen ini secara nyata mampu mendongkrak performa tumbuh anggrek *Dendrobium* sp. dengan hasil akhir pertambahan bobot sebesar 5,7 g.

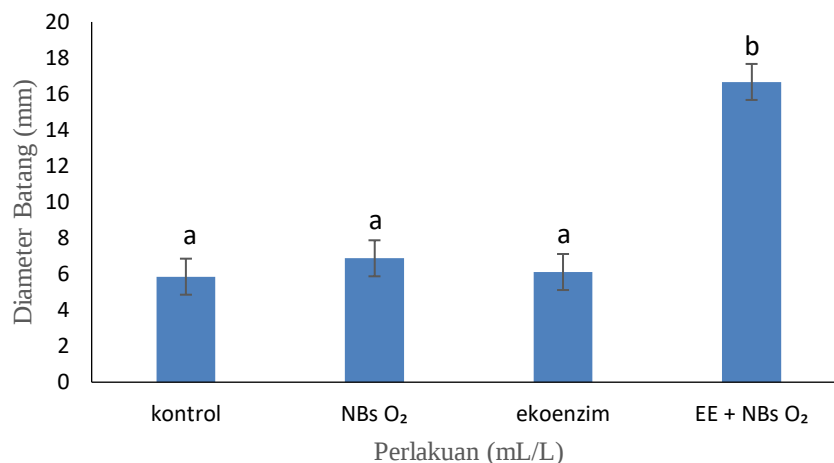


Gambar 1. Rerata berat basah pada anggrek *Dendrobium* sp.

Temuan penelitian mengonfirmasi bahwa aplikasi ekoenzim dan *nanobubbles* NBsO₂ memberikan pengaruh nyata terhadap akumulasi bobot basah tanaman anggrek. Sinergi antara tingkat konsentrasi ekoenzim dan NBsO₂ terbukti efektif mendongkrak berat basah vegetasi tersebut. Secara fisiologis, peningkatan bobot basah ini berkorelasi erat dengan efisiensi penyerapan unsur hara serta air oleh sistem perakaran. Kandungan nitrogen dalam bentuk nitrat (NO₃) pada cairan ekoenzim memegang peranan krusial sebagai komponen penyusun jaringan meristem, sekaligus menstimulasi elongasi akar dan ekspansi daun [4]. Di sisi lain, kehadiran oksigen pada zona rizosfer (perakaran) mampu meningkatkan saturasi oksigen terlarut yang memicu akselerasi respirasi akar [5]. Kelimpahan oksigen, baik di dalam larutan nutrisi maupun media tanam, terbukti mengoptimalkan performa fisiologis akar, terutama yang berkaitan dengan laju absorpsi air dan mineral esensial [6]. Selain faktor nutrisi, biomassa tanaman juga ditentukan oleh intensitas radiasi matahari; apabila paparan cahaya berada di bawah titik optimum, laju fotosintesis akan melambat sehingga produksi karbohidrat serta senyawa metabolit sekunder menurun, yang pada akhirnya memicu penurunan performa pertumbuhan dan produktivitas tanaman secara menyeluruh.

2. Diameter Batang

Hasil analisis perbandingan diameter batang menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan, bahwa perlakuan tersebut berpengaruh terhadap diameter batang. Pada Gambar 2 memperlihatkan interaksi pemberian Ekoenzim dan NBsO₂ berpengaruh terhadap diameter batang setiap tanaman anggrek. Diameter batang terlebar terdapat pada perlakuan Ekoenzim dan NBsO₂ dengan pertambahan diameter batang anggrek yaitu 16,7 mm, sedangkan diameter batang terkecil terdapat pada perlakuan kontrol yaitu 5,9 mm. Respon tanaman anggrek *Dendrobium* sp. terhadap pemberian Ekoenzim dan NBsO₂ memberikan hasil yang meningkat sebesar 5,9 mm.



Gambar 2. Rerata diameter batang pada anggrek *Dendrobium* sp.

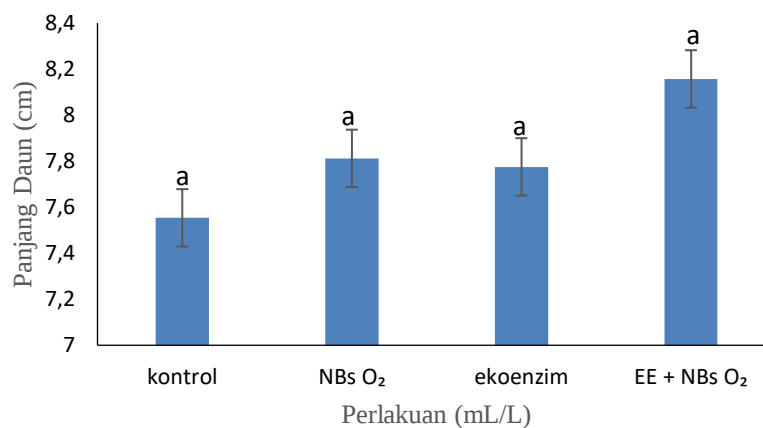
Aplikasi ekoenzim menyuplai unsur nitrogen yang diperlukan dalam pembentukan daun dan batang, sementara NBsO₂ bertugas memaksimalkan penyerapan hara di area akar melalui ketersediaan oksigen yang melimpah. Kehadiran oksigen jenuh mempermudah absorpsi nutrisi terlarut, sehingga meningkatkan vitalitas tanaman. Berdasarkan studi [7], NBs berperan sebagai media transportasi gas ke dalam membran sel; sifat hidrofobiknya mengubah kelengkungan membran yang berdampak pada protein transmembran.

Pada anggrek *Dendrobium* sp. batang berdiameter besar berfungsi optimal dalam mentranslokasikan air dan hara dalam jumlah besar. Proses pembentukan gelembung mikro ini terjadi pada celah *nanopore* antar saluran sel, di mana NBs akan distabilkan oleh surfaktan dan supersaturasi gas getah tanaman sebelum larut, mengecil, atau menghasilkan emboli.

3. Panjang Daun

Hasil analisis perbandingan panjang daun menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan, bahwa perlakuan tersebut berpengaruh terhadap panjang daun. Pada Gambar 3 memperlihatkan interaksi pengaplikasian Ekoenzim dan NBsO₂ berpengaruh bagi panjang daun pada setiap tanaman anggrek. Panjang daun tertinggi terdapat pada perlakuan NBsO₂ dan ekoenzim dengan pertambahan panjang daun anggrek sebesar 7,8 cm, sedangkan panjang daun terendah pada perlakuan kontrol, 7,4 cm. Respon tanaman anggrek *Dendrobium* sp. terhadap pemberian NBsO₂ memberikan hasil yang meningkat sebesar 7,8 cm. NBs O₂ menjadi faktor krusial dari penyerapan nutrisi oleh akar tumbuhan.

Aplikasi ekoenzim dosis 1 mL/L berhasil memenuhi kebutuhan nitrogen (N) tanaman yang bertindak sebagai pendorong utama pertumbuhan. Sebagai unsur esensial, nitrogen menjadi bahan dasar dalam sintesis protein dan senyawa penting lainnya yang mengontrol pembelahan sel serta diferensiasi jaringan baru selama proses pertumbuhan berlangsung.



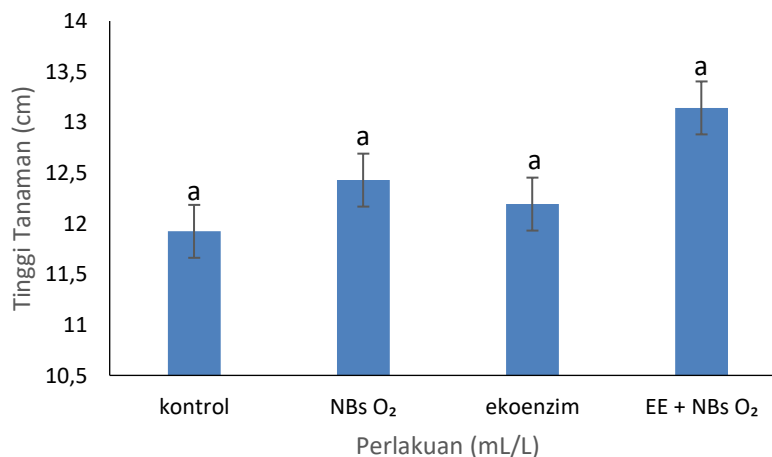
Gambar 3. Rerata panjang daun pada anggrek *Dendrobium* sp.

Nitrogen merupakan elemen dasar pembentuk berbagai senyawa vital bagi vegetasi tanaman, seperti molekul protein dan biokatalisator berupa enzim [8]. Ketersediaan nitrogen yang melimpah mampu mendorong pembentukan protoplasma dan merangsang pembelahan serta pembesaran sel, sehingga ukuran panjang daun menjadi lebih optimal. Kandungan nitrogen di dalam ekoenzim ini memiliki kontribusi besar terhadap perkembangan organ vegetatif. Tidak hanya nitrogen, ekoenzim juga diperkaya oleh unsur fosfor dan kalium yang berfungsi penting sebagai katalisator metabolisme. Kehadiran unsur-unsur ini mempercepat penguraian protein menjadi asam amino bebas, meregulasi perputaran karbohidrat, serta menyusun komponen utama dalam mekanisme fotosintesis dan respirasi tumbuhan.

4. Tinggi Tanaman

Aplikasi kombinasi ekoenzim dan *nanobubbles* oksigen terbukti mampu memberikan stimulasi positif terhadap respons pertumbuhan tinggi tanaman. Peningkatan tinggi tanaman anggrek *Dendrobium* sp. pada masing-masing kelompok perlakuan disajikan secara detail pada Gambar 4. Representasi data pada grafik tersebut mengonfirmasi bahwa akumulasi pertambahan tinggi tanaman paling optimal dicapai oleh perlakuan ekoenzim dengan tingkat konsentrasi 1 mL/L.

Representasi data pada Gambar 4 mengonfirmasi bahwa interaksi antara aplikasi ekoenzim dan *nanobubbles* oksigen memberikan pengaruh nyata terhadap respons tinggi tanaman anggrek. Akumulasi pertambahan tinggi tanaman paling optimal dijumpai pada kombinasi perlakuan NBsO₂ + ekoenzim dengan capaian sebesar 13,1 cm, sedangkan nilai terminim tercatat pada perlakuan tunggal ekoenzim yaitu hanya sebesar 11,5 cm.



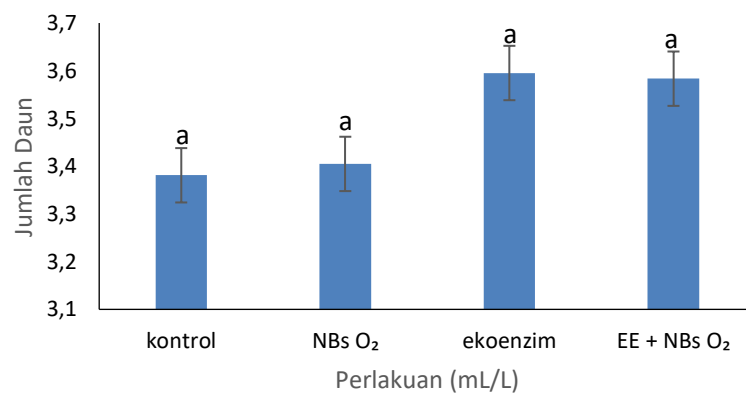
Gambar 4. Rerata tinggi tanaman pada anggrek *Dendrobium* sp.

Secara fungsional, ekoenzim berpotensi sebagai pupuk organik cair karena diperkaya oleh kompleks enzim (seperti amilase dan tripsin), asam organik (termasuk asam asetat), substansi hara makro (N, P, K), serta agen mikroba yang berperan dalam dekomposisi bahan organik, stimulasi pertumbuhan, hingga proteksi tanaman dari hama dan penyakit [9]. Keberadaan kalium (K) bertindak sebagai aktivator berbagai enzim yang meregulasi siklus fotosintesis; dengan demikian, peningkatan serapan K akan memacu akselerasi laju fotosintesis serta produksi fotosintat yang kemudian ditranslokasikan untuk pertumbuhan tinggi bibit.

Nanobubbles Oksigen (NBsO₂) memiliki peranan penting dalam penyerapan nutrisi di bagian perakaran dengan mendorong masuknya unsur esensial seperti nitrogen, amonia, dan sulfur menembus dinding sel akar. Akibatnya, tanaman mampu menyerap air dan hara dari media tanam secara lebih efisien untuk mendukung multiplikasi jaringan baru, yang secara makro berimplikasi pada pertambahan tinggi tanaman anggrek, meskipun kapasitas absorpsi ini tetap dibatasi oleh ambang batas fisiologis tertentu dari tanaman itu sendiri [10].

5. Jumlah Daun

Visualisasi data pada Gambar 5 menunjukkan bahwa perlakuan ekoenzim memberikan respon terbaik terhadap indikator pertumbuhan tanaman. Kombinasi intervensi terbaik ditunjukkan oleh kelompok perlakuan ekoenzim. Aplikasi ekoenzim tersebut terbukti mampu menstimulasi produksi kuantitas helai daun paling melimpah. Parameter jumlah daun memiliki korelasi linear dengan tinggi bibit; akselerasi pertumbuhan vertikal bibit secara otomatis akan menambah densitas nodus (buku batang), yang pada gilirannya melipatgandakan jumlah daun mengingat organ daun tersebut diinisiasi dari bagian nodus.



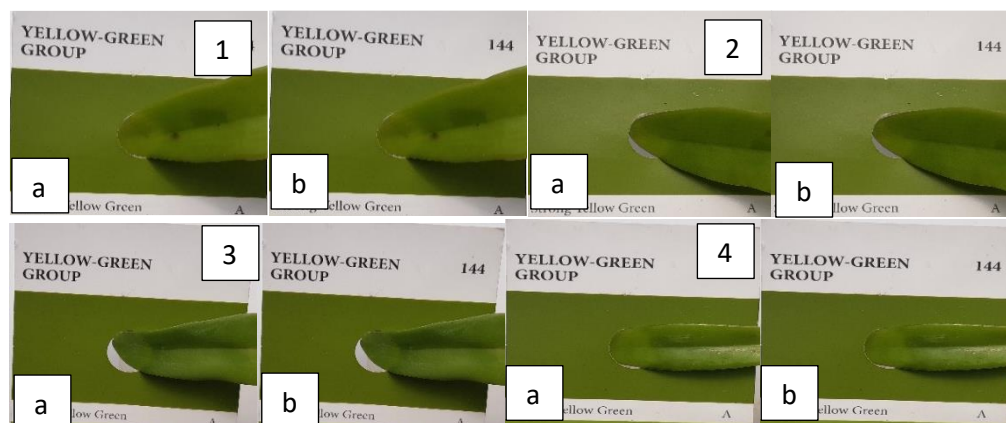
Gambar 5. Rerata jumlah daun pada anggrek *Dendrobium* sp.

Daun merupakan organ utama tempat berlangsungnya asimilasi karbon (fotosintesis), daun juga berperan penting dalam penyerapan hara yang diaplikasikan secara foliar (melalui daun). Reaksi fotosintesis yang terjadi di kloroplas sangat bergantung pada pasokan air, di mana air menjadi komponen esensial bagi seluruh tahapan pertumbuhan anggrek *Dendrobium*. Pemberian cairan nutrisi dengan metode tetes atau semprot pada tajuk tanaman memungkinkan unsur hara terserap langsung oleh jaringan daun [11].

Apabila pasokan hara tidak terpenuhi secara optimal, metabolisme tanaman akan terganggu dan menghambat proses diferensiasi sel dalam membentuk organ daun baru [12]. Di samping itu, penurunan jumlah helai daun dapat disebabkan oleh respons stres adaptif anggrek terhadap perubahan mikroklimat lingkungan, terutama fluktuasi suhu dan kelembapan udara [13].

6. Warna Daun

Gambar 6 menunjukkan warna daun anggrek *Dendrobium* untuk setiap jenis perlakuan. Penentuan karakteristik warna daun dalam studi ini diukur dengan instrumen standar *RHS Color Chart Guide*. Pemberian perlakuan NBsO₂ dan cairan ekoenzim tidak mengalami perubahan pada warna daun tanaman secara visual. Indikator warna daun yang diamati sebelum dan setelah pengujian tetap stabil pada kode RHS nomor 144 (*Yellow Green Group*), dengan identifikasi sub-kode A (*Strong Yellow Green*).



Gambar 6. Warna daun anggrek *Dendrobium* sp. sebelum (a) dan sesudah (b)
pada perlakuan kontrol (1), NBsO₂ (2), ekoenzim (3), dan kombinasi (4)

Warna daun sebelum dan sesudah perlakuan NBsO₂ dan ekoenzim tidak mengalami perubahan warna daun. Meskipun perlakuan ini tidak menunjukkan perbedaan antara vegetasi berdaun kuning dan hijau, variasi antar keduanya secara umum ditentukan oleh profil pigmen, laju fotosintesis, dan anatomi daun. Kelainan struktur kloroplas yang disertai penyusutan jumlah granum dan lamela granum pada tanaman berdaun kuning mengakibatkan degradasi klorofil dan ketidaksempurnaan sistem fotosintesis. Degradasi ini menyebabkan daun mengalami klorosis, memiliki efisiensi fotosintesis yang rendah, serta menunjukkan laju pertumbuhan yang lambat [14].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil Penelitian ini pemberian Ekoenzim dan NBsO₂ terhadap anggrek *Dendrobium* sp. berpengaruh terhadap pertumbuhan diameter batang, jumlah daun, tinggi tanaman, berat basah, panjang daun anggrek *Dendrobium* sp. Sedangkan perlakuan pemberian NBsO₂ memberikan pengaruh terhadap panjang daun. Pemberian ekoenzim dan NBsO₂ 1 ml/L berpengaruh terhadap pertumbuhan diameter batang (16,7 mm), tinggi tanaman (13,1 cm), berat tanaman (5,7 g), dan panjang daun (7,8 cm). Pemberian ekoenzim 1 mL/L berpengaruh terhadap jumlah daun (3,6), sedangkan pemberian NBsO₂ memberikan pengaruh terhadap panjang daun (7,8 cm). Warna daun sebelum dan sesudah perlakuan NBsO₂ dan ekoenzim tidak mengalami perubahan warna daun, dengan kode warna RHS/ *Color Chart Guide* yang sesuai dengan warna daun adalah no 144 Yellow Green Group, dengan kode A Strong Yellow Green.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas kontribusi dan bantuan dari berbagai pihak, terutama pada program *Matching Fund* Dikti 2022 dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi yang telah mendanai, memfasilitasi serta mendukung penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Andri, K. B., Willem, J. F., & Tumbuan, A. 2015. Potensi Pengembangan Agribisnis Bunga Anggrek Di Kota Batu Jawa Timur. *Jurnal LPPM Bidang EkoSosBudKum*. 2(1): 19-30.
- [2] Rahayu, T., G.E. Jayanti dan A. Hayati. 2023. Induksi *Nanobubbles* (NBs) untuk Pertumbuhan Anggrek *Dendrobium* Imelda Marina Masagung × Bumi Menangis. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*. 10(1): 126-132.
- [3] RHS. 2019. RHS Colour Chart Guide Sixth Edition reprint. Royal Horticultural Society, London.

- [4] Rahayu, M. R., I.N. Muliarta dan Y.P. Situmeang. 2021. Sustainable Environment Agricultural Science (SEAS) Acceleration of Production Natural Disinfectans from the Combination of Ekoenzim Domestic Organic Waste dan Frangipani Flower (*Plumeria alba*). *Sustainable Environment Agricultural Science*. 05 (01): 15-21.
- [5] Surtinah. 2016. Penambahan Oksigen pada Media Tanam Hidroponik terhadap Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Bibiet*. 1(1): 27-35.
- [6] Sompotan, S. 2013. Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Terhadap Pemupukan Organik dan Anorganik. *Gosains*. 2 (1): 14-17. ISSN: 2252-871.
- [7] Seddon, J. R. T., D. Lohse, W.A. Ducker, and V.S.J.Craig. 2012. A Deliberation on Nanobubbles at Surfaces and in Bulk. *ChemPhysChem* 0000. 00. 1-10.
- [8] Lakitan, B. 2015. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- [9] Susilowati, L.E., M. Mansur dan A. Zaenal. 2021. Pembelajaran tentang Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga sebagai Bahan Baku EkoEnzim. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 4(4): 356-362.
- [10] Pramitasari, H. E., Wardiyati, T., & Nawawi, M. 2016. Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Tingkat Kepadatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* var. *acephala*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(1): 31-38.
- [11] Sugiarto, D., Tintrim, R dan Ari, H. 2019. Pengaruh Air Leri dan Emulsi Ikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Anggrek *Dendrobium* pada Tahap Vegetatif. *Biosaintropis* 4(2): 46-54. ISSN: 2460-9455.
- [12] Astutik, A., Sumiati dan Sutoyo. 2021. Stimulasi Pertumbuhan *Dendrobium* sp. Menggunakan Hormon Auksin Naphtalena Acetic Acid (NAA) dan Indole Butyric Acid (IBA). *Jurnal Buana Sains*. 21(1): 19-28.
- [13] Erfa, L., D. Maulida, R.N. Sesanti dan Yuriansyah. 2019. Keberhasilan Aklimatisasi dan Pembesaran Bibit Kompot Anggrek Bulan (*Phalaenopsis*) Pada Beberapa Kombinasi Media Tanam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 19(2), 121-126.
- [14] Wang, J., J. Shen, M. Gu, J. Wang, T. Cheng, H. Pan, and Q. Zhang. 2017. Leaf Coloration and Photosynthetic Characteristics of Hybrids between Forsythia “Courtaneur” and Forsythia koreana “Suwon Gold”. *HortScience*. 52(12): 1661-1666.