

Respon Pertumbuhan Anggrek *Vanda* sp. Terhadap Pengaruh *Nanobubbles* Oksigen (NBsO₂) Pada Media Vermikulit dan Perlit

Growth Response of Vanda sp. Orchids to the Effect of Oxygen Nanobubbles (NBsO₂) on Vermiculite and Perlite Media

Hilda Jihan Maulida^{1 *}, Gatra Ervi Jayanti^{2 **}, Tintrim Rahayu³
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang
Faculty of and Natural Science University Islam Malang

ABSTRAK

Anggrek *Vanda* sp. memiliki akar udara yang tebal dan panjang untuk menyerap kelembapan dan nutrisi, namun pertumbuhannya lambat sehingga memerlukan penambahan *Nanobubbles* (NBs). NBsO₂, yang terbentuk dari oksigen melalui elektrolisis air, yang berperan dalam respirasi tanaman, selain NBsO₂, media tanam juga berpengaruh, seperti vermikulit yang kaya akan unsur hara dan mampu menyerap air, sedangkan perlit ringan dan berpori, membantu menjaga kelembapan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh NBsO₂ pada vermikulit dan perlit terhadap respon pertumbuhan anggrek *Vanda* sp. Data statistik dianalisis menggunakan uji MANOVA, sedangkan data kualitatif seperti foto pertumbuhan dianalisis secara deskriptif. Perlakuan NBsO₂ pada media vermikulit menghasilkan rata-rata tinggi tanaman (5,90 mm) dan panjang akar (3,71 mm), yang merupakan hasil terbaik. Sementara kombinasi media dengan NBsO₂ paling berpengaruh terhadap panjang daun (3,60 cm) dan berat tanaman (1,87 g). Perubahan warna daun terjadi pada dua perlakuan tersebut, dari *Moderate Olive Green* 137 A dan B menjadi *Greyish Olive Green* NN137 A.

Kata kunci: *Vanda* sp., Vermikulit, Perlit, *Nanobubbles* Oksigen (NBsO₂), Pertumbuhan

ABSTRACT

Vanda sp. orchids have thick, long aerial roots to absorb moisture and nutrients, but their growth is slow, so they require the addition of *Nanobubbles* (NBs). NBsO₂, formed from oxygen through water electrolysis, plays a role in plant respiration. In addition to NBsO₂, the growing medium also influences growth, such as vermiculite, which is rich in nutrients and capable of absorbing water, while perlite is lightweight and porous, helping to maintain optimal moisture levels. This study aims to investigate the effect of NBsO₂ on vermiculite and perlite on the growth response of *Vanda* sp. orchids. Statistical data were analyzed using MANOVA, while qualitative data such as growth photos were analyzed descriptively. The NBsO₂ treatment on vermiculite media resulted in the highest average plant height (5.90 mm) and root length (3.71 mm), which were the best results. Meanwhile, the combination of media with NBsO₂ had the most significant effect on leaf length (3.60 cm) and plant weight (1.87 g). Leaf color changes occurred in both treatments, from *Moderate Olive Green* 137 A and B to *Greyish Olive Green* NN137 A

Keywords: *Vanda* sp., Vermiculite, Perlite, *Nanobubbles* Oksigen (NBsO₂), Growth

*) Hilda Jihan Maulida, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang Jalan MT. Haryono No.193, Malang 65144, e-mail : hildajm06@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

***) 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

Pendahuluan

Anggrek *Vanda* sp. dikenal sebagai salah satu genus anggrek yang memiliki akar udara tebal dan panjang. Akar tanaman ini dilapisi oleh velamen, yaitu jaringan parenkim yang terletak dibagian luar akar. Velamen berperan dalam menyerap air serta mendukung proses respirasi pada tanaman [1]. Perawatan anggrek *Vanda* sp. dapat digantung tanpa menggunakan media tanam [2]. Namun, anggrek *Vanda* sp. yang dapat digantung berusia 24 bulan karena akarnya sudah kuat dan mampu menyerap kelembapan udara, sedangkan yang masih di bawah usia tersebut sebaiknya tetap ditanam di media hingga akar berkembang optimal [3]. Pertumbuhan pada tanaman anggrek termasuk ke dalam kategori lambat, sehingga perlunya diterapkan penambahan larutan *Nanobubbles* (NBs) untuk merangsang pertumbuhan anggrek.

NBs merupakan contoh hasil dari penerapan nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan ilmu dan teknik yang berhubungan dengan pengaplikasian bahan pada skala yang berukuran sangat kecil, biasanya dalam rentang 1 sampai 100 nanometer (nm) [4]. NBs merupakan gelembung dengan ukuran kurang dari 100 nm, gelembung NBs dapat bertahan lebih lama dan lebih stabil di dalam air karena memiliki tekanan internal cairan lebih tinggi dari lingkungan yang mempercepat kelarutan [5]. NBs dapat diisi dengan berbagai macam gas yang dibutuhkan oleh tanaman seperti oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), dan nitrogen (N_2) [6].

Nanobubbles Oksigen ($NBsO_2$) merupakan gelembung udara yang berukuran sangat kecil yang terbentuk dari gas oksigen (O_2) melalui proses elektrolisis air [7]). Pada hasil penelitian [8], menunjukkan bahwa, penerapan jenis media tanam dan penambahan $NBsO_2$ dapat mempercepat proses pertumbuhan dan perkembangan planlet anggrek *Dendrobium burana* Green x Ong Ang Ai Boon. O_2 yang terdapat dalam NBs dapat membantu mendorong unsur hara dari media tanam ke dalam sel akar. O_2 digunakan sebagai proses respirasi aerobik, yaitu proses pemecahan molekul untuk melepaskan energi bagi pertumbuhan tanaman dan dapat membantuk penyerapan nutrisi oleh akar tanaman [9]. O_2 yang diserap oleh tanaman dimanfaatkan dalam proses respirasi yang berperan dalam menghasilkan energi yang mendukung berbagai fungsi tanaman [10]. Media tanam juga berperan penting dalam pertumbuhan anggrek, selain pemberian $NBsO_2$.

Setiap tanaman memiliki kebutuhan media tanam yang berbeda untuk mendukung pertumbuhannya. Media tanam merupakan tempat tanaman berlangsung hidup. Media tanam berperan dalam mendukung penyerapan unsur hara, air, dan nutrisi oleh tanaman. Media tanam yang baik harus memenuhi beberapa kriteria yaitu, memiliki kemampuan yang baik dalam penyediaan nutrisi dan unsur hara, memiliki drainase dan aerasi yang baik, serta tidak mudah lapuk [11]. Media tanam dapat dikombinasikan agar tanaman mendapatkan nutrisi yang tepat, sehingga dapat mempercepat proses pertumbuhan tanaman [12]). Media tanam anggrek yang umum digunakan adalah moss, namun media tersebut memiliki kelemahan karena mudah menyimpan kelembapan berlebih yang dapat menyebabkan akar membusuk, serta mudah terurai sehingga memerlukan penggantian media yang lebih sering [13]. Penggunaan media selain moss bertujuan untuk mengembangkan inovasi dengan memanfaatkan media alternatif seperti vermikulit dan perlit.

Media vermikulit merupakan mineral silikat, memiliki kaya akan unsur hara yang kalium dan magnesium yang bermanfaat bagi tanaman. Vermikulit memiliki fungsi dapat menyerap dan menahan air dalam jumlah besar, dan membantu menjaga kelembapan. Vermikulit memiliki pH yang netral (7,0) tetapi karena adanya senyawa karbonat yang terkait, maka akan bersifat basa sehingga bagus untuk pertumbuhan tanaman [14]. Perlit merupakan batuan vulkanik alami yang kaya akan silika, terbentuk dari hidrasi obsidian, dengan kandungan air terikat tinggi, pH netral, dan bobot yang sangat ringan [15]. Perlit merupakan kelompok media tanam dengan aerasi yang baik karena strukturnya yang ringan dan berpori. Sifat ini membuat akar mendapatkan pasokan oksigen yang memadai, sehingga respirasi akar dapat berlangsung dengan optimal [16].

Penerapan penambahan NBsO_2 pada media tanam vermikulit dan perlit terhadap pertumbuhan respon tanaman anggrek *Vanda* sp. belum pernah diteliti sebelumnya. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan anggrek *Vanda* sp. terhadap pengaruh *Nanobubbles* Oksigen (NBsO_2) pada media vermikulit dan perlit.

Material dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan tanaman anggrek *Vanda* sp. (umur 4 minggu), media vermikulit, media perlit, larutan NBsO_2 , air kran, aquades, *thinwall* 100 ml, dan botol semprot 20 ml. Alat yang digunakan meliputi, nanogenerator, gelas *beaker*, gelas jerr, timbangan analitik, kertas milimeterblok, dan RHS (*Royal Horticultural Society*).

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan pada bulan Maret-Mei 2025 di Laboratorium Orchidologi dan Nursery Universitas Islam Malang. Pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan, Vermikulit (VC), Perlit (PC), Vermikulit + Perlit (VPC), Vermikulit + NBsO_2 (VN), Perlit + NBsO_2 (PN), Vermikulit + Perlit + NBsO_2 (VPN) pengulangan dilakukan sebanyak empat kali, sehingga terdapat 24 satuan ulangan.

Cara Kerja

Tahap awal penelitian diawali dengan mencuci media vermikulit dan perlit dengan air mengalir supaya bersih, kemudian dikeringkan. Media yang telah dibersihkan sebelumnya dimasukkan ke dalam *thinwall* 100 mL yang sudah dilubangi bawahnya, sebanyak kurang lebih hampir setinggi *thinwall* tersebut. Pada perlakuan media kombinasi vermikulit:perlit (1:1). Selanjutnya dilakukan pembuatan larutan *Nanobubbles* oksigen (NBsO_2) menggunakan aquades. Aquades dimasukkan ke dalam gelas *beaker*, kemudian selang dari alat nanogenerator yang sudah berisi gas oksigen (O_2) dimasukkan ke dalam gelas *beaker* yang sudah berisi aquades tersebut selama 15 menit. Kemudian dipindahkan ke dalam gelas jerr sebagai wadah penyimpanan larutan tersebut.

Perlakuan pada tanaman dilakukan setiap 3 hari sekali dengan menyemprotkan larutan NBsO_2 pada tanaman dan pada perlakuan kontrol hanya menggunakan air kran, masing-masing sebanyak 20 mL. Pengamatan atau pengambilan data dilakukan setiap seminggu sekali, parameter yang diamati yaitu, tinggi tanaman, panjang akar, panjang daun, berat tanaman, dan warna daun. Data statistik yang diperoleh dianalisis menggunakan uji MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*). Data yang telah didapatkan terlebih dahulu dilakukan uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov. Data dengan distribusi normal apabila hasil dari analisis menunjukkan nilai signifikan $> 0,05$ yang mengindikasikan adanya pengaruh terhadap variabel yang diamati. Proses analisis data dilakukan menggunakan aplikasi SPSS, sementara data kualitatif berupa foto pertumbuhan tanaman anggrek dianalisis secara deskriptif, dengan cara menjelaskan data yang diperoleh dari setiap tahap pertumbuhan tanaman anggrek *Vanda* sp.

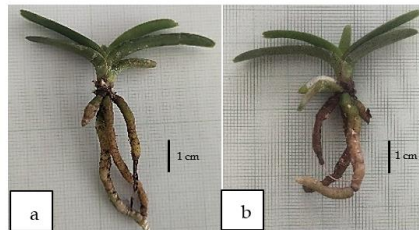
Hasil dan Diskusi

Hasil Penelitian dan Pembahasan

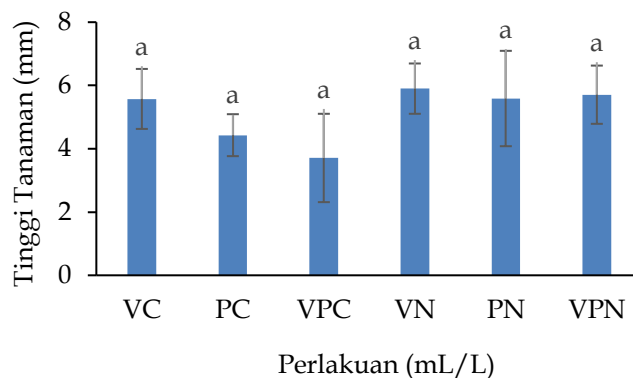
1. Perlakuan Tinggi pada Tanaman

Hasil analisis data tinggi tanaman menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi yang nyata antara perlakuan dengan variabel pengamatan tinggi tanaman, tetapi pada uji statistik menunjukkan

bahwa perlakuan tertinggi media vermikulit + NBsO₂ dengan nilai rata-rata 5,90 mm, sedangkan tinggi tanaman terendah pada perlakuan kontrol kombinasi media vermikulit + perlit + air dengan nilai rata-rata 3,70 mm Gambar 2.



Gambar 1. Tinggi tanaman anggrek *Vanda* sp. sebelum (a) dan sesudah (b) perlakuan NBsO₂ VN(vermikulit + NBsO₂).



Gambar 2. Rata-rata tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan VC (Vermikulit + air), PC (perlit + air), PVC (Vermikulit + Perlit + air), VN (Vermikulit + NBsO₂), PN (Perlit + NBsO₂), dan (Vermikulit + Perlit + NBsO₂).

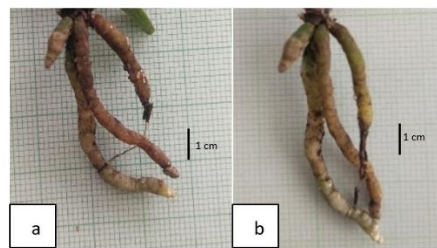
Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan penambahan *Nanobubbles* Oksigen (NBsO₂) pada media vermikulit, dapat mempercepat tinggi tanaman. Penggabungan beberapa jenis media tanam dapat digunakan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih optimal [13]. Pada penelitian yang dilakukan oleh [17], penambahan NBsO₂ terbukti dapat memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap pertumbuhan panjang tanaman anggrek *Phalaenopsis* dibandingkan dengan penggunaan pupuk daun. NBs berfungsi sebagai agen pengangkut gas menuju membran atau sel, sehingga dapat memengaruhi struktur dan fungsi protein transmembran. Sifat hidrofobik NBs mendorong integrasi gas ke dalam membran sel, yang kemudian menyebabkan perubahan kelengkungan membran. Perubahan ini berpotensi mempengaruhi aktivitas protein transmembran atau memicu perubahan struktural yang lebih luas pada membran sel [6].

NBsO₂ memiliki gelembung berukuran sangat kecil dan daya apung rendah, sehingga dapat dengan cepat untuk menembus sel tanaman, bahkan mencapai bagian dalam seperti mitokondria [18]. NBs tidak masuk ke dalam sel dalam bentuk gelembung utuh, melainkan melepaskan gas terlarut yang kemudian diserap oleh sel tanaman untuk digunakan dalam proses fisiologis [17]. Selain itu media juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Media vermikulit yang dikombinasikan dengan NBsO₂ menunjukkan hasil yang lebih unggul karena vermikulit memiliki kemampuan retensi air dan nutrisi yang baik serta aerasi yang cukup. Kombinasi ini membuat suplai oksigen ke akar menjadi lebih

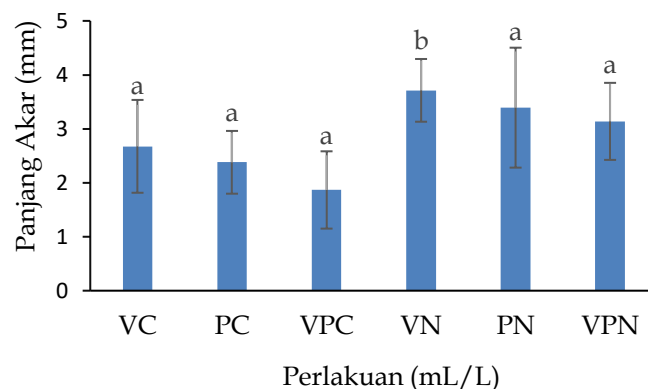
efisien dan stabil, sehingga akar anggrek *Vanda sp.* dapat menyerap air dan nutrisi secara optimal, yang pada akhirnya mendorong pertumbuhan tinggi tanaman secara maksimal [19].

2. Perlakuan Panjang Akar pada Tanaman

Hasil analisis terhadap panjang akar tanaman terdapat perbedaan signifikan antara perlakuan yang diberikan dengan variabel panjang akar tanaman Hasil uji statistik menunjukkan bahwa rata-rata panjang akar tertinggi pada perlakuan media vermikulit + NBsO₂ dengan rata-rata 3,71 mm, sedangkan perlakuan terendah pada perlakuan media kombinasi kontrol vermikulit + perlit + air dengan rata-rata 1,8 mm Gambar 4.



Gambar 3. Panjang akar tanaman anggrek *Vanda sp.* sebelum (a) dan sesudah (b) perlakuan NBsO₂ VN (vermikulit + NBsO₂).



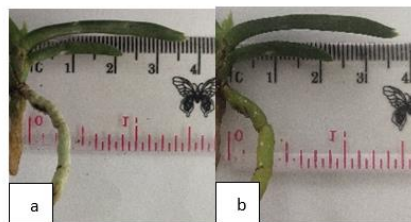
Gambar 4. Rata-rata panjang akar tanaman pada masing-masing perlakuan VC (Vermikulit + air), PC (perlit + air) , PVC (Vermikulit + Perlit + air), VN (Vermikulit + NBsO₂), PN (Perlit + NBsO₂) dan (Vermikulit + Perlit + NBsO₂).

Kombinasi antara media vermikulit dan penambahan NBsO₂ juga berpengaruh terhadap pertumbuhan akar anggrek *Vanda sp.* Menurut [8], NBsO₂ mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air, yang sangat penting untuk mendukung proses respirasi akar. Akar yang memperoleh oksigen dalam jumlah cukup akan mengalami pertumbuhan yang lebih baik dan panjang, karena oksigen berperan penting dalam proses metabolisme akar. Selain itu, peningkatan kadar oksigen dalam media tanam turut membantu menurunkan tingkat stres oksidatif pada sistem perakaran, yang umumnya disebabkan oleh akumulasi radikal bebas berlebih sebagai hasil samping dari proses respirasi. Kombinasi media vermikulit dengan NBsO₂ memberikan hasil yang lebih unggul dibandingkan perlakuan lainnya. Keunggulan ini berasal dari sifat vermikulit yang mampu menahan air dan nutrisi secara efektif serta memiliki aerasi yang baik. Saat dikombinasikan dengan NBsO₂, suplai oksigen ke

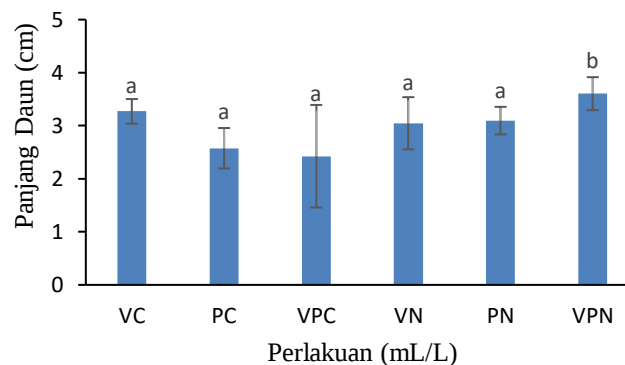
akar menjadi lebih efisien dan stabil, sehingga mendukung penyerapan unsur hara dan pertumbuhan akar secara optimal [20].

3. Perlakuan Panjang Daun pada Tanaman

Hasil analisis menunjukkan panjang daun memiliki perbedaan signifikan antar perlakuan tanaman selama masa pengamatan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan panjang daun tertinggi terdapat pada perlakuan media kombinasi vermikulit + perlit + NBsO_2 dengan rata-rata 3,60 cm, sedangkan perlakuan terendah pada perlakuan media kombinasi kontrol vermikulit + perlit + air dengan rata-rata 2,42 cm pada Gambar 7.



Gambar 6. Panjang daun tanaman anggrek *Vanda* sp. sebelum (a) dan sesudah (b) perlakuan NBs + VPN (vermikulit + perlit + NBsO_2).



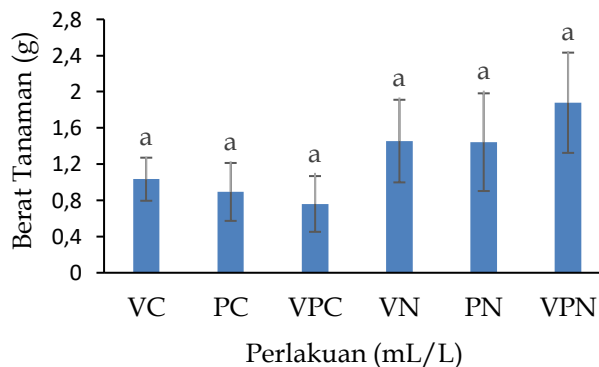
Gambar 7. Rata-rata panjang daun tanaman pada masing-masing perlakuan VC (Vermikulit + air), PC (perlit+air) , PVC (Vermikulit + Perlit + air), VN (Vermikulit + NBsO_2), PN (Perlit + NBsO_2) dan (Vermikulit + Perlit + NBsO_2).

Panjang daun dan berat tanaman anggrek *Vanda* sp. juga dipengaruhi oleh penambahan NBsO_2 tetapi pada kombinasi media vermikulit dan perlit, yang mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih optimal. Penambahan NBsO_2 terbukti mampu meningkatkan efisiensi respirasi, menghasilkan lebih banyak energi, dan mempercepat aktivitas biologis tanaman. Oleh karena itu, pertumbuhan daun tanaman anggrek *Vanda* sp. berlangsung lebih cepat dan optimal dibandingkan dengan perlakuan tanpa NBsO_2 [10]. Pertumbuhan panjang daun dapat dipengaruhi oleh panjang akar, karena unsur hara yang diserap melalui akar berperan penting dalam menunjang proses fotosintesis. Akar yang panjang memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman, tidak hanya memperkuat struktur tanaman, tetapi juga meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara dari media tanam melalui luas

permukaan akar yang lebih besar [21]. Pertumbuhan panjang daun tidak hanya dipengaruhi oleh penambahan NBsO_2 , tetapi juga oleh kombinasi media vermikulit dan perlit. Vermikulit memiliki keunggulan dalam menyimpan air dan nutrisi, sehingga nutrisi tanaman tercukupi. Sementara itu, perlit membantu meningkatkan aerasi dan drainase, menjaga kesehatan akar serta mencegah pembusukan [14]. Kombinasi antara vermikulit dan perlit dapat mempercepat pertumbuhan akar serta mendukung pertumbuhan panjang daun secara optimal, terutama jika disertai dengan penambahan nutrisi dan teknologi tambahan seperti NBsO_2 .

4. Perlakuan Berat pada Tanaman

Hasil analisis perbandingan berat tanaman menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan, yang mengindikasikan bahwa perlakuan tersebut belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan berat tanaman secara keseluruhan. Pada uji statistik yang didapatkan diagram rata-rata pertambahan berat tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi antara vermikulit + perlit + NBsO_2 , perlakuan dengan penambahan NBsO_2 pada media vermikulit dan perlit menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada Gambar 7. rata-rata pertambahan berat tanaman tertinggi yaitu, perlakuan kombinasi antara vermikulit + perlit + NBsO_2 sebesar 1,87 g, sedangkan pada rata-rata terendah yaitu, pada perlakuan media vermikulit + perlit tanpa penambahan NBsO_2 sebesar 0,76 g. Gambar 8.



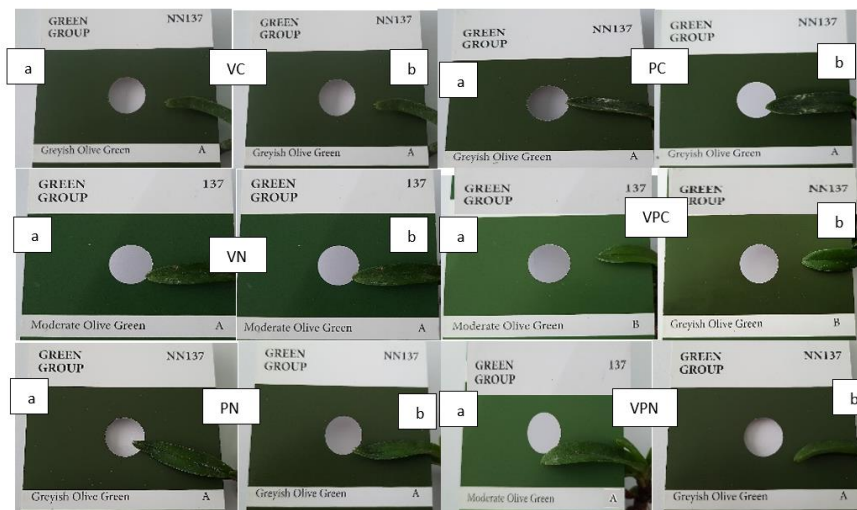
Gambar 8. Rata-rata berat tanaman pada masing-masing perlakuan VC (Vermikulit + air), PC (perlit + air), PVC (Vermikulit + Perlit + air), VN (Vermikulit+ NBsO_2), PN (Perlit + NBsO_2), dan (Vermikulit + Perlit + NBsO_2).

Pertumbuhan anggrek yang efisien juga dipengaruhi oleh berat tanaman, yang bergantung pada efisiensi penyerapan air dan nutrisi dari media tanam. Semakin optimal penyerapan, semakin tinggi akumulasi biomassa, sehingga berat tanaman meningkat. Media perlit berperan penting dalam menciptakan ruang udara, mencegah pemadatan, dan menjaga sirkulasi udara optimal di sekitar anggrek sangat mendukung kebutuhan oksigen tinggi pada perakaran anggrek [8]. Menurut [9], media vermikulit memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan menyimpan air serta nutrisi, sehingga sangat efektif dalam menjaga ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Air adalah komponen utama dalam struktur jaringan tanaman dan berperan penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan. Kekurangan air dapat menghambat laju pertumbuhan dan menurunkan kadar air dalam jaringan tanaman [7].

Perlakuan media vermikulit + perlit tanpa penambahan NBsO_2 menunjukkan berat tanaman terendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa NBsO_2 berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman. Air yang mengandung nano berkontribusi dalam meningkatkan kesuburan media tanam dengan memperbaiki ketersediaan oksigen (O_2) dan mempercepat penyerapan nutrisi oleh akar tanaman [14], sehingga perlakuan tanpa menggunakan NBsO_2 hasilnya lebih rendah.

5. Perlakuan Warna Daun pada Tanaman

Berdasarkan hasil pengamatan warna daun *Vanda* sp. menggunakan *RHS Color Chart Guide*, terdapat dua perlakuan yang menunjukkan variasi warna berbeda.



Gambar 9. Perbedaan warna daun pada tanaman anggrek *Vanda* sp. warna daun sebelum perlakuan (a) dan warna daun sesudah perlakuan (b) selama 6 minggu VC (Vermikulit + air), PC (perlit+air), PVC (Vermikulit + Perlit + air), VN (Vermikulit + NBsO_2), PN (Perlit + NBsO_2), dan VPN (Vermikulit + Perlit + NBsO_2).

Warna daun sebelum perlakuan berada pada *Green Group* 137 (*Moderate Olive Green* A dan B). Setelah diberikan perlakuan dengan NBsO_2 pada media yang berbeda, terjadi sedikit perubahan warna. Pada perlakuan media vermikulit + NBsO_2 dan kombinasi vermikulit + perlit + NBsO_2 , warna daun berubah menjadi *Green Group* NN137 (*Greyish Olive Green* A dan B). Warna daun pada *Green Group* 137 termasuk dalam kategori warna netral atau non-stark, yang cenderung tampak lebih pucat atau terang. Sementara *Green Group* NN137 merupakan warna standar dengan intensitas yang lebih kuat atau tampak lebih gelap dibandingkan *Green Group* 137. Berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian ini, perlakuan pada media vermikulit + NBsO_2 serta kombinasi vermikulit + perlit + NBsO_2 menunjukkan peningkatan yang lebih signifikan dibandingkan perlakuan lainnya.

Perubahan warna daun terjadi pada perlakuan vermikulit + NBsO_2 dan kombinasi media + NBsO_2 dapat meningkatkan perubahan warna daun menjadi hijau pekat. Warna hijau pekat mencerminkan efisiensi fotosintesis yang lebih tinggi, sehingga berdampak langsung pada pertumbuhan tanaman [6]. Perubahan warna daun berdasarkan kode *RHS* menunjukkan adanya peningkatan efisiensi penyerapan, yang dipicu oleh larutan oksigen berukuran nano. NBs berperan dalam mendukung sintesis klorofil, sehingga memengaruhi perubahan warna daun [18]. Vermikulit memiliki kemampuan tinggi dalam

menyimpan air, namun jika dikombinasikan dengan media lain, tetap dapat mendukung aerasi dan drainase yang baik. Sementara itu, perlit dengan struktur berpori mampu meningkatkan sirkulasi udara di sekitar akar, stres tanaman, dan perubahan warna daun menjadi kuning [19].

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian ini penambahan NBsO_2 pada jenis media yang berbeda memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan anggrek *Vanda* sp. Pada parameter tinggi tanaman dan panjang akar perlakuan dengan penambahan NBsO_2 pada media vermikulit berpengaruh paling baik, dengan rata-rata tinggi tanaman 5,90 mm, dan rata-rata panjang tanaman 3,71 mm. Sedangkan pada perlakuan dengan penambahan NBsO_2 pada media kombinasi antara vermikulit dan perlit sangat berpengaruh pada pertumbuhan panjang daun dan berat tanaman, dengan rata-rata panjang daun 3,60 cm dan rata-rata berat tanaman 1,87 g. Warna daun pada perlakuan dengan media vermikulit maupun kombinasi antara vermikulit dan perlit yang diberi dengan menambahkan NBsO_2 menunjukkan warna daunnya lebih hijau pekat.

Daftar Pustaka

Buku Teks, Laporan Penelitian, Thesis, Skripsi

- [1] Arguelles EDLR, 2025. *First Report of Microalgae Associated with Velamen Aerial Roots of Epiphytic Orchids in the Philippines*, 15(2): 223–234.
- [2] Rupawan MI, Basri Z and Bustami M, 2014. Pertumbuhan Anggrek *Vanda* (*vanda* sp) Pada Berbagai Komposisi Media Secara In Vitro. *E-J Agrotekbis*, 2(5): 488–494.
- [3] Sholiha F, 2024. Identifikasi Jenis Anggrek (Orchidaceae) Di Teaching Factory Nursery Rembangan, Politeknik Negeri Jember. *JIGA- Journal Innovation In Green Agriculture*, 1(2): 110–119.
- [4] Lyu T, Wu S, Mortimer RJG and Pan G, 2019. Nanobubble Technology in Environmental Engineering: Revolutionization Potential and Challenges. *Environmental Science and Technology*, 53(13): 7175–7176.
- [5] Paradhiba, A. M., F. Febriyanti, E. Rahmadania, F. Yanisa, F. U. Adelina, & R. C. Mukti. 2021. Pemanfaatan Teknologi Nanobubble untuk Produksi *Anguilla* sp. pada Era Society 5.0. *In Seminar Nasional Lahan Suboptimal* 9(2): 435-444).
- [6] Rahayu T, Jayanti GE and Hayati A, 2023. Induksi Nanobubbles (NBs) untuk Pertumbuhan Anggrek *Dendrobium Imelda Marina Masagung X Bumi Menangis*. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 10(1): 12-6.
- [7] Wang Y, Wang S, Sun J, Dai H, Zhang B, Xiang W, Hu Z, Li P, Yang J and Zhang W, 2021. Nanobubbles promote nutrient utilization and plant growth in rice by upregulating nutrient uptake genes and stimulating growth hormone production. *Science of the Total Environment*, 14(9): 6–27.
- [8] Purnamasari V, Rahayu T, Jayanti GE and Agisimanto D, 2024. Pengaruh Jenis Media Tanam dan Penambahan Nanobubbles O_2 terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek *Dendrobium burana* Green $\times$ Ong Ang Ai Boon secara in Vitro. *Jurnal ILMU DASAR*, 25(1): 49–58.

- [9] Krisna B, Susila Putra EET, Rogomulyo R and Kastono D, 2017. Pengaruh Pengayaan Oksigen dan Kalsium terhadap Pertumbuhan Akar dan Hasil Selada Keriting (*Lactuca sativa* L.) pada Hidroponik Rakit Apung. *Vegetalika*, 6(4): 14–27.
- [10] Mawardi A, Mustakim M, Nasir MW, Vitriana DE, Rahayu T and Jayanti GE, 2024. Protocorm Like Bodies (PLB) Growth of *Dendrobium* sp. Orchid with Induction of Oxygen Nanobubbles (NBsO₂) by In Vitro. *Berkala Penelitian Hayati*, 30(3): 137–143.
- [11] Andana DS, Jannah H, and Safnowandi S, 2023. Pemanfaatan Bintil Akar Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) sebagai Pupuk Biologi untuk Pertumbuhan Bibit Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) dalam Upaya Penyusunan Petunjuk Praktikum Fisiologi Tumbuhan II. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(1): 1–10.
- [12] Febriani L, Gunawan G and Gafur A, 2021. Review: Pengaruh Jenis Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman. In *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 7(2): 93–104.
- [13] Charitsabita R, Dwi PE and Wisnu WD, 2019. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) secara Hidroponik dengan Berbagai Jenis Media Tanam dan Aerasi Berbeda Response of growth and production of pakcoy (*Brassica rapa* L.) through hydroponic system with different types of planting. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(2): 270–278.
- [14] Stefanova V, Petrov P and Zheleva E, 2020. Possibilities for Use of Vermiculite in Recultivation of Embankments Obtained as a Result of the Deposit of Mining Waste from the Extraction of Copper Ores. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 877(1): 1–6.
- [15] Alfisyahrin A, Anjani D, Khairani D, Parsela J and Sarjani TM, 2025. Analisis Perbedaan Kandungan Pigmen Klorofil pada Beberapa Varietas Sayuran (*Lactuca sativa* dan *Amaranthus* sp.). *Symbiotic: Journal of Biological Education and Science*, 6(1): 61–69.
- [16] Zebua SN and Waruwu IP, 2024. Studi Sifat Fisika Tanah Pada Pertanian Hidroponik : Potensi dan Tantangan. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 1(1): 71–78.
- [17] Puspa A, Rahayu T, and Jayanti GE, 2024. Analysis of Nanobubbles (NBs) Technology and Foliar Fertilization on the Growth of *Phalaenopsis* sp. Orchid. *Berkala Sainstek*, 12(2): 37–43.
- [18] Zebua SN and Waruwu IP, 2024. Studi Sifat Fisika Tanah Pada Pertanian Hidroponik : Potensi dan Tantangan. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 1(1): 71–78.
- [19] Mustakim M, Mawardi A, Dewi LP, Vede NPR, Rahayu T and Jayanti GE, 2024. The New Technology for In Vitro Culture with Induction of Nanobubbles (NBsN₂ and NBsO₂) in *Cattleya* sp. *BIOLOGY, MEDICINE, & NATURAL PRODUCT CHEMISTRY*, 13(2): 459–465.
- [20] Sisriana S, Suryani S and Sholihah SM, 2021. Pengaruh Berbagai Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Kadar Pigmen Microgreens Selada. *Jurnal Ilmiah Respati*, 12(2): 163–176.
- [21] Ikrarwati F, Zulkarnaen I, Fathonah A, Nurmayulis F, and Eris FR, 2020. Pengaruh Jarak Lampu LED dan Jenis Media Tanam Terhadap Microgreen Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture*, 10(2), 15–25.
- [22] Budihastuti R, 2017. Hubungan Antara Tinggi Tegakan, Biomasa Akar dan Jumlah Daun Semai Mangrove *Avicennia marina*. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 2(1): 31–36.