

Terbit *online* pada laman:

## SEMINAR NASIONAL INOVASI, RISET, DAN TEKNOLOGI (SINERGI)



Original/Literature Review

# APLIKASI TEKNOLOGI *NANOBUBBLE* OKSIGEN ( $O_2$ ) TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN DAN KARAKTERISTIK FISIOLOGIS *EDIBLE FLOWER VIOLA (VIOLA CORNUTA)*

Husni Syamil Fawaiz<sup>1\*</sup>, S. Rosalinda<sup>1</sup>, Hilman Syaeful Alam<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bandung, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi : 18 September 2025

Revisi Akhir : 17 Oktober 2025

Diterbitkan Online : 4 Mei 2026

### KATA KUNCI

*Edible flower*, Gas oksigen, *Hidroponik*,  
Teknologi *Nanobubble*

### \*KORESPONDENSI

E-mail: husni20001@mail.unpad.ac.id

### A B S T R A K

*Edible flower* adalah spesies bunga yang dapat dikonsumsi secara aman dan bisa berdampak baik bagi kesehatan manusia. Salah satu contoh *edible flower* yang banyak dikonsumsi adalah *Viola*. Budidaya tanaman *Viola* sering menghadapi berbagai tantangan, antara lain stres lingkungan, pertumbuhan akar yang terbatas, dan penyerapan nutrisi yang kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aplikasi teknologi *nanobubble* dengan gas oksigen ( $O_2$ ) terhadap pertumbuhan dan karakteristik fisiologi *edible flower Viola (Viola cornuta)* dan pengaruhnya dalam mengurangi penggunaan nutrisi pada budidaya *edible flower* secara hidroponik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap Faktorial yang menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Metode Rancangan Acak Lengkap Faktorial terdiri dari dua faktorial yang dilakukan sebanyak tiga ulangan dimana faktor variasi jumlah nutrisi (A), dan variasi waktu pembangkitan (B) dengan kontrol tanpa menggunakan *nanobubble* namun dengan variasi nutrisi (Nutrisi 100% (A<sub>1</sub>B<sub>0</sub>) dan nutrisi 75% (A<sub>2</sub>B<sub>0</sub>)). Parameter yang dianalisis adalah tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, jumlah bunga, dan panjang akar. Perlakuan *bubbling* oksigen frekuensi tinggi (8×30 menit/hari) dengan nutrisi 100% (A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>) menunjukkan hasil terbaik pada semua parameter pertumbuhan, termasuk tinggi tanaman (14,83 cm), panjang daun (3,81 cm), jumlah daun (83 helai), panjang akar (10,30 cm), dan jumlah bunga (8 kuntum).

No ISSN 3124-7539 © 2026 The Authors. Dipublikasi oleh Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)

Peer review under the responsibility of the scientific committee of the SINERGI

DOI: 10.21009/sinerigi.v2i1.67676

## 1. PENDAHULUAN

*Edible flower* adalah spesies bunga yang dapat dikonsumsi secara aman dan bisa berdampak baik bagi kesehatan manusia. *Edible flower* memiliki kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif, seperti asam fenolik, flavonoid, antosianin, dan karotenoid, yang memiliki manfaat positif untuk kesehatan [10]. Beberapa *edible flower*, seperti *Viola* mengandung mineral dalam jumlah yang tinggi [15].

Umumnya *edible flower* digunakan sebagai hiasan hidangan (*garnish*), adapun yang mengolahnya untuk dijadikan produk teh [18], koktail, manisan, bunga kering, untuk digunakan dalam pembuatan sirup, jelli, saus, teh, minyak dan minuman penutup [2]. *Edible flower* telah lama digunakan sejak zaman romawi kuno, seiring berjalannya waktu *edible flower* semakin populer digunakan karena konsumen mulai memperhatikan makanan sehat dengan kualitas baik tanpa mengabaikan rasa dan daya tarik visualnya [4]. Salah satu contoh *edible flower* yang banyak dikonsumsi adalah *Viola* [20]. *Viola* memiliki jumlah spesies yang sangat banyak, namun tidak semua jenis spesies aman untuk dikonsumsi, salah satu jenis yang aman dikonsumsi adalah jenis *Viola cornuta* [7].

Meskipun memiliki potensi yang besar, budidaya *edible flower* di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan. Para pembudidaya sering kali berhadapan dengan masalah seperti stres lingkungan, pertumbuhan akar yang terbatas, dan penyerapan nutrisi yang tidak optimal [16]. Pada kasus lapangan tanaman *Viola* yang dibudidayakan secara hidroponik, masalah spesifik seperti batang yang mudah patah saat pemetikan bunga menjadi kendala. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang mampu meningkatkan kualitas pertumbuhan sekaligus menambah nilai jual bunga ini sebagai bahan pangan fungsional. Teknologi *nanobubble* hadir sebagai salah satu solusi modern yang potensial untuk mengatasi tantangan tersebut. Teknologi ini menghasilkan gelembung gas berukuran nano (diameter sekitar  $\leq 0,2 \mu\text{m}$ ) di dalam cairan, yang memungkinkannya melarutkan gas dengan efisiensi tinggi [3]. Karena ukurannya yang sangat kecil, gelembung ini memiliki tekanan internal yang tinggi, sehingga mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air secara signifikan. Kemampuan inilah yang membuatnya sangat bermanfaat dalam berbagai bidang, termasuk pertanian.

Penerapan teknologi *nanobubble* di sektor agrikultur telah terbukti memberikan hasil yang menjanjikan. Berbagai penelitian menunjukkan dampaknya yang positif, seperti peningkatan hasil panen padi dengan potensi penghematan pupuk hingga 25% [19]. Pada budidaya tanaman anggrek, penggunaan *nanobubble* dengan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ) maupun nitrogen ( $\text{N}_2$ ) terbukti mampu mempercepat pertumbuhan tanaman, memperbesar ukuran batang, serta meningkatkan jumlah daun dan akar baru [11], [13], [17]. Keunggulan lain dari teknologi ini adalah sifatnya yang lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk dan bahan kimia lainnya [1].

Komposisi kandungan fitokimia *edible flower* dapat dipengaruhi oleh proses budidayanya. Jenis media tanam yang dipilih dapat menghasilkan kandungan antioksidan yang bervariasi pada *viola* [14]. Hidroponik merupakan salah satu teknik budidaya yang paling baik diantara teknik budidaya lainnya. Hidroponik merupakan metode bercocok tanam dengan menggunakan media selain tanah, yakni air dengan nutrisi [12]. Penggunaan sistem hidroponik dalam proses budidaya bunga *Viola* tentu dapat

meningkatkan penyerapan nutrisi melalui akar. Energi yang diperlukan untuk pertumbuhan akar dan penyerapan unsur hara berasal dari proses respirasi, yang bergantung pada ketersediaan oksigen [5].

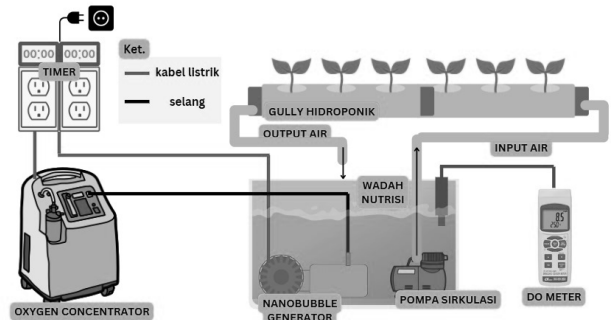
Kadar oksigen pada nutrisi cair dapat diukur pengukuran oksigen terlarut/*dissolve oxygen* (DO). Semakin tinggi nilai DO, maka respirasi sel pada akar akan membuat akar tumbuh lebih cepat sehingga proses penyerapan nutrisi tanaman lebih banyak [9]. Nilai DO dapat ditingkatkan dengan proses aerasi pada cairan nutrisi hidroponik [8]. Proses peningkatan kadar DO pada nutrisi cair dapat dilakukan dengan menggunakan generator *nanobubble* dengan memasukkan gas oksigen [6].

Dengan mempertimbangkan berbagai tantangan dalam budidaya *edible flower* serta potensi besar yang ditawarkan oleh teknologi *nanobubble*, aplikasi inovasi ini menjadi sangat relevan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aplikasi teknologi *nanobubble* dengan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ) terhadap pertumbuhan dan karakteristik fisiologi *edible flower Viola (Viola cornuta)*.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode penelitian eksperimen merupakan suatu metode penelitian yang dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya akibat dari perlakuan yang dikenakan pada subjek yang diteliti. Pada penelitian ini kelompok eksperimen diberi perlakuan khusus, sedangkan kontrol dilakukan secara konvensional atau tanpa penggunaan teknologi *nanobubble*.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah instalasi hidroponik NFT, bibit *viola*, *oxygen concentrator*, *nanobubble swirl flow*, timer DH48S, dan DO meter (Lutron WA-2017SD). Rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Rangkaian Budidaya

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Penggunaan RAL disebabkan karena lingkungan tempat percobaan merupakan lingkungan yang homogen, karena seluruh proses penelitian dilakukan di dalam *greemhouse*. Faktor pertama yaitu variasi jumlah nutrisi: 100% ( $A_1$ ) dan 75% ( $A_2$ ), dan faktor kedua yaitu variasi waktu pembangkitan:  $1 \times 30$  menit/hari ( $B_1$ ) dan  $8 \times 30$  menit/hari ( $B_2$ ), dengan kontrol tanpa menggunakan *nanobubble* namun dengan variasi nutrisi (Nutrisi 100% ( $A_1B_0$ ) dan nutrisi 75% ( $A_2B_0$ )).

Pengukuran parameter penelitian terdiri dari pengujian destruktif dan non-destruktif. Pengukuran destruktif terdiri dari pengukuran panjang akar. Pengukuran non-destruktif terdiri dari pengukuran

tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, dan jumlah bunga. Pertumbuhan bunga dilakukan pada *greenhouse* dan diamati selama 30 hari. Masing-masing pengujian dilakukan secara triplo. Pengukuran tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, dan jumlah daun dilakukan setiap 3 hari sekali selama 30 hari pada proses pertumbuhan. Pengukuran panjang akar dilakukan pada hari ke-30, setelah proses pertumbuhan selesai dilakukan.

### 3. HASIL

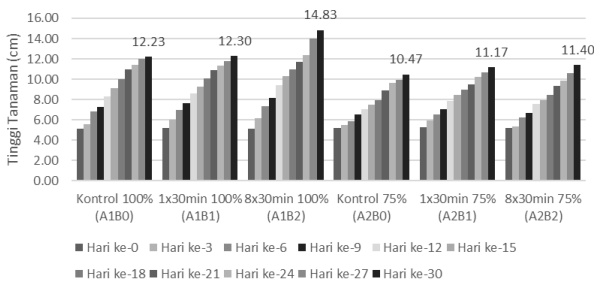
Berikut adalah hasil pengukuran parameter tanaman *Viola*

#### 3.1 Nilai DO

Konsentrasi nutrisi 100% dengan pembangkitan selama 1x30 menit (A1B1) menghasilkan nilai DO dari 7,6 mg/L hingga 29,64 mg/L, dengan rata-rata keseluruhan 17,02 mg/L; konsentrasi nutrisi 100% dengan pembangkitan selama 8x30 menit (A1B2) menghasilkan nilai DO dari 16,4 mg/L hingga 30,02 mg/L, dengan rata-rata keseluruhan 26,53 mg/L; konsentrasi nutrisi 75% dengan pembangkitan selama 1x30 menit (A2B1) menghasilkan nilai DO dari 9,0 mg/L hingga 30,08 mg/L, dengan rata-rata keseluruhan 18,95 mg/L; dan konsentrasi nutrisi 75% dengan pembangkitan selama 8x30 menit (A2B2) menghasilkan nilai DO dari 19,6 mg/L hingga 30,10 mg/L, dengan rata-rata keseluruhan 26,40 mg/L.

#### 3.2 Tinggi tanaman

Tinggi tanaman diamati secara berkala mulai hari ke-0 hingga hari ke-30 setelah tanam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan 8x30 menit *bubbling* dengan nutrisi 100% (A1B2) menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dengan nilai akhir 14,83 cm pada hari ke-30.

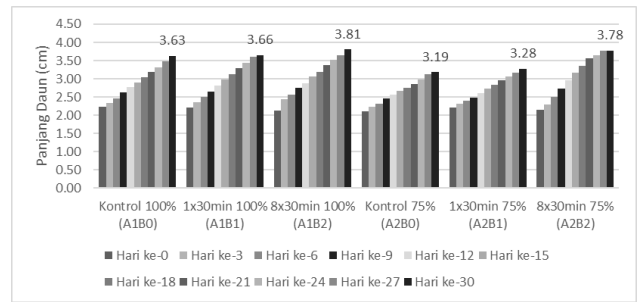


Gambar 2. Grafik Pengamatan Tinggi Tanaman

Berdasarkan grafik pertumbuhan tinggi tanaman pada Gambar 2, secara berurutan, perlakuan terbaik berikutnya adalah 1x30 menit 100% (A1B1) sebesar 12,30 cm, lalu kontrol 100% (A1B0) sebesar 12,23 cm. Sementara itu, kelompok dengan nutrisi 75% menunjukkan hasil yang lebih rendah, yakni 11,40 cm (A2B2), 11,17 cm (A2B1), dan paling rendah 10,47 cm pada kontrol 75% tanpa *bubbling* (A2B0).

#### 3.3 Panjang Daun

Panjang daun diamati secara berkala mulai hari ke-0 hingga hari ke-30 setelah tanam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan 8x30 menit *bubbling* dengan nutrisi 100% (A1B2) menghasilkan pertumbuhan panjang daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dengan nilai akhir 3,81 cm pada hari ke-30.

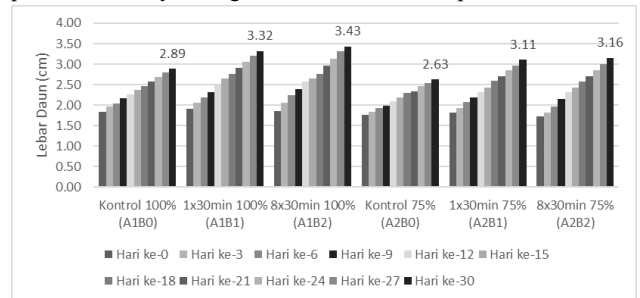


Gambar 3. Grafik Pengamatan Panjang Daun

Berdasarkan grafik pertumbuhan panjang daun pada Gambar 3, secara berurutan, perlakuan A1B1 dan A1B0 mengikuti di belakangnya, dengan panjang masing-masing 3,66 cm dan 3,63 cm. Sebaliknya, perlakuan tanpa *bubbling* dengan nutrisi 75% (A2B0) hanya mencapai 3,19 cm, sedangkan A2B2 dan A2B1 menunjukkan hasil sedikit lebih baik, masing-masing 3,78 cm dan 3,28 cm.

#### 3.4 Lebar Daun

Lebar daun diamati secara berkala mulai hari ke-0 hingga hari ke-30 setelah tanam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan 8x30 menit *bubbling* dengan nutrisi 100% (A1B2) menghasilkan pertumbuhan lebar daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dengan nilai akhir 3,43 cm pada hari ke-30.

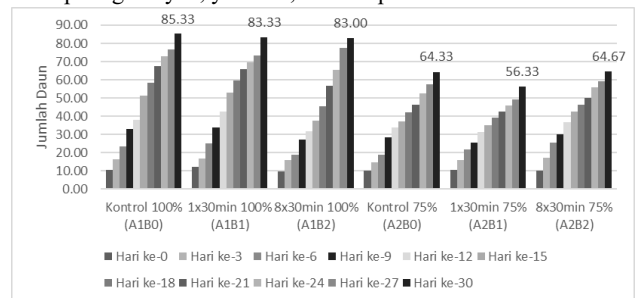


Gambar 4. Grafik Pengamatan Lebar Daun

Berdasarkan grafik pertumbuhan lebar daun pada Gambar 4, secara berurutan, perlakuan terbaik berikutnya adalah perlakuan A1B1 dan A1B0 masing-masing mencapai 3,32 cm dan 2,89 cm, sedangkan kelompok nutrisi 75% menunjukkan nilai antara 2,63 cm (A2B0) hingga 3,16 cm (A2B2).

#### 3.5 Jumlah Daun

Jumlah daun diamati secara berkala mulai hari ke-0 hingga hari ke-30 setelah tanam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan A1B0 (kontrol 100%) justru menghasilkan jumlah daun paling banyak, yaitu 85,33 helai pada hari ke-30.

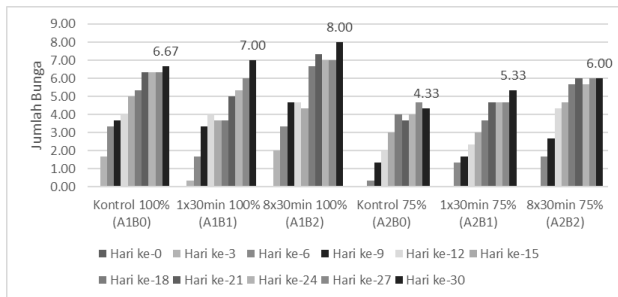


Gambar 5. Grafik Pengamatan Jumlah Daun

Berdasarkan grafik pertumbuhan jumlah daun pada Gambar 5, secara berurutan, perlakuan terbaik berikutnya adalah Perlakuan A1B1 dan A1B2 mengikuti secara berurutan dengan 83,33 helai dan 83,00 helai. Sementara itu, kelompok nutrisi 75% menunjukkan hasil lebih rendah, yakni antara 56,33 hingga 64,67 helai.

### 3.6 Jumlah Bunga

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan 8×30 menit *bubbling* dengan nutrisi 100% (A1B2) menghasilkan pertumbuhan jumlah bunga tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya, dengan nilai akhir 8,00 kuntum per tanaman pada hari ke-30.



Gambar 6. Grafik Pengamatan Jumlah Bunga

Berdasarkan grafik pertumbuhan jumlah bunga pada Gambar 6, secara berurutan, perlakuan terbaik berikutnya adalah Perlakuan A1B1 dan A1B0 mengikuti secara berurutan dengan 7,00 kuntum dan 6,67 kuntum. Sementara itu, kelompok nutrisi 75% menunjukkan hasil lebih rendah, yakni antara 4,33 hingga 6,00 kuntum.

### 3.7 Panjang Akar

Dalam penelitian ini, pengukuran panjang akar dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-30.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Panjang Akar

Hari	Rata-rata panjang akar					
	A1B0	A1B1	A1B2	A2B0	A2B1	A2B2
0	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93	4.93
30	8.97	9.33	10.30	7.73	7.80	8.90

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan A1B2 (8×30 menit *bubbling* dengan nutrisi 100%) menghasilkan panjang akar tertinggi, yakni 10,30 cm pada hari ke-30, meningkat dari 4,93 cm saat tanam. Perlakuan ini diikuti oleh A1B1 (9,33 cm) dan A1B0 (8,97 cm). Sementara itu, kelompok perlakuan dengan nutrisi 75% menunjukkan panjang akar yang lebih pendek, yaitu 7,73 cm (A2B0), 7,80 cm (A2B1), dan 8,90 cm (A2B2).

## 4. PEMBAHASAN

Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan adanya efek sinergis yang kuat antara aplikasi *nanobubble* oksigen dan konsentrasi nutrisi. Perlakuan A1B2 (*bubbling* 8x30 menit/hari dengan nutrisi 100%) secara signifikan mengungguli semua perlakuan lain di hampir seluruh parameter, termasuk tinggi tanaman, ukuran daun, jumlah bunga, dan panjang akar. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam sistem hidroponik konvensional, ketersediaan oksigen di zona perakaran dapat menjadi faktor pembatas [5]. Peningkatan kadar oksigen terlarut (DO) melalui *nanobubble* secara efektif menghilangkan batasan ini, yang

sejalan dengan teori bahwa DO yang tinggi meningkatkan laju respirasi akar, memacu metabolisme, dan mengoptimalkan penyerapan hara [9]. Sistem perakaran yang lebih sehat dan berkembang, sebagaimana ditunjukkan oleh panjang akar superior pada A1B2 (10,30 cm), menjadi fondasi bagi pertumbuhan vegetatif dan generatif yang lebih baik.

Hasil pengamatan juga mengklarifikasi peran teknologi *nanobubble* sebagai "penguat" (*booster*) pemanfaatan nutrisi, bukan sebagai penggantinya. Bukti terlihat pada kelompok nutrisi 75%, di mana perlakuan dengan *bubbling* tinggi (A2B2) menunjukkan performa yang lebih baik daripada kontrol tanpa *bubbling* (A2B0). Ini menunjukkan bahwa oksigenasi membantu tanaman memaksimalkan penyerapan unsur hara yang terbatas. Namun, performa A2B2 tidak pernah melampaui kontrol nutrisi 100% (A1B0), yang membuktikan bahwa defisit nutrisi tetap menjadi batas atas pertumbuhan yang tidak dapat diatasi sepenuhnya oleh oksigen saja. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa teknologi ini tidak dapat sepenuhnya mengkompensasi pengurangan pupuk sebesar 25% tanpa adanya penurunan hasil jika dibandingkan dengan standar nutrisi 100%. Salah satu temuan menarik adalah jumlah daun tertinggi justru dihasilkan oleh perlakuan kontrol nutrisi 100% (A1B0), sedikit di atas A1B2. Hal ini tidak menandakan kegagalan, melainkan pergeseran strategi alokasi sumber daya oleh tanaman. Dalam kondisi optimal (A1B2), tanaman tampaknya memprioritaskan energi untuk mengembangkan daun yang lebih besar dan lebar yang lebih efisien secara fotosintetik serta mengalokasikan lebih banyak sumber daya ke fase generatif yang lebih menuntut energi, seperti yang ditunjukkan oleh jumlah bunga tertinggi secara signifikan pada perlakuan A1B2 (8,00 kuntum). Fenomena ini menggarisbawahi bahwa untuk tanaman *edible flower* seperti *Viola cornuta*, di mana bunga adalah hasil utama, kombinasi nutrisi penuh dan oksigenasi tinggi merupakan strategi budidaya yang paling efektif untuk memaksimalkan produktivitas.

## 5. KESIMPULAN

Perlakuan *bubbling* oksigen frekuensi tinggi (8×30 menit/hari) dengan nutrisi 100% (A1B2) menunjukkan hasil terbaik pada semua parameter pertumbuhan, termasuk tinggi tanaman (14,83 cm), panjang daun (3,81 cm), jumlah daun (83 helai), panjang akar (10,30 cm), dan jumlah bunga (8 kuntum). *Bubbling* oksigen meningkatkan kadar DO dalam larutan yang pada akhirnya mendukung aktivitas fotosintesis dan respirasi akar, namun efektivitasnya bergantung pada kecukupan nutrisi. *Bubbling* tanpa nutrisi optimal tidak mampu menghasilkan pertumbuhan maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. A. Ahmed, X. Shi, L. Hua, L. Manzueta, W. Qing, T. Marhaba, and W. Zhang, "Influences of air, oxygen, nitrogen, and carbon dioxide nanobubbles on seed germination and plant growth," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 66, no. 20, pp. 5117–5124, 2018.
- [2] N. A. Choiriyah, "Kandungan antioksidan pada berbagai bunga edible di Indonesia," *J. Ilmu-Ilmu Pertan.*, 2020.

- [3] Y. K. Chung, A. R. Cho, M. S. Shim, and Y. J. Kim, "Nanobubble and ozone nanobubble treatments increase the vase life of cut cymbidium 'spring pearl'," *Hortic. Sci. Technol.*, 2022, doi: 10.7235/HORT.20220028.
- [4] G. Drava, V. Iobbi, R. Govaerts, V. Minganti, A. Copetta, B. Ruffoni, and A. Bisio, "Trace elements in edible flowers from Italy: Further insights into health benefits and risks to consumers," *Molecules*, vol. 25, no. 12, p. 2891, 2020.
- [5] R. Fauzi, E. T. S. Putra, and E. Ambarwati, "Pengayaan oksigen di zona perakaran untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil selada (*Lactuca sativa* L.) secara hidroponik," *Vegetalika*, vol. 2, no. 4, pp. 63–74, 2013.
- [6] H. Ikeura, H. Takahashi, F. Kobayashi, M. Sato, and M. Tamaki, "Effects of microbubble generation methods and dissolved oxygen concentrations on growth of Japanese mustard spinach in hydroponic culture," *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, vol. 93, no. 5, pp. 483–490, 2018.
- [7] L. Kaur, M. Kaur, H. S. Sohal, A. Sharma, and V. Mutreja, "Species of the genus *Viola* found in the Western Himalayas," in *Immunity Boosting Medicinal Plants of the Western Himalayas*, Singapore: Springer, 2023, pp. 587–609.
- [8] B. Krisna, E. E. T. S. Putra, R. Rogomulyo, and D. Kastono, "Pengaruh pengayaan oksigen dan kalsium terhadap pertumbuhan akar dan hasil selada keriting (*Lactuca sativa* L.) pada hidroponik rakit apung," *Vegetalika*, vol. 6, no. 4, pp. 14–27, 2017.
- [9] Z. Ouyang, J. Tian, X. Yan, and H. Shen, "Effects of different concentrations of dissolved oxygen or temperatures on the growth, photosynthesis, yield and quality of lettuce," *Agric. Water Manag.*, vol. 228, p. 105896, 2020.
- [10] E. D. O. Pires Jr, F. Di Gioia, Y. Roupael, I. C. Ferreira, C. Caleja, L. Barros, and S. A. Petropoulos, "The compositional aspects of edible flowers as an emerging horticultural product," *Molecules*, vol. 26, no. 22, p. 6940, 2021.
- [11] V. Purnamasari, T. Rahayu, G. E. Jayanti, and D. Agisimanto, "The effect of the type of planting media and the addition of O<sub>2</sub> nanobubbles on the growth of *Dendrobium burana* Green × Ong Ang Ai Boon orchid plantlets in vitro," *J. Ilmu Dasar*, vol. 25, no. 1, pp. 49–58, 2024.
- [12] R. W. Putra, B. Syah, and R. A. Laksono, "Pengaruh kombinasi media tanam organik dan nilai EC larutan nutrisi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi (*Brassica narinosa* L.H. Bailey) varietas pagoda pada hidroponik sistem wick," *J. Agrotech*, vol. 13, no. 2, pp. 81–89, 2023.
- [13] T. Rahayu, G. E. Jayanti, and A. Hayati, "Induksi nanobubbles (NBs) untuk pertumbuhan anggrek *Dendrobium Imelda Marina Masagung* × *Bumi Menangis*," *Metamorfosa: J. Biol. Sci.*, vol. 10, p. 126, 2023, doi: 10.24843/metamorfosa.2023.v10.i01.p13.
- [14] A. Regmi, S. Poudyal, S. Singh, C. Coldren, N. M. Moussa, and C. Simpson, "Biochar influences phytochemical concentrations of *Viola cornuta* flowers," *Sustainability*, vol. 15, no. 5, p. 3882, 2023, doi: 10.3390/su15053882.
- [15] L. Rivas-García, M. D. Navarro-Hortal, J. M. Romero-Márquez, T. Y. Forbes-Hernández, A. Varela-López, J. Llopis, ... and J. L. Quiles, "Edible flowers as a health promoter: An evidence-based review," *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 117, pp. 46–59, 2021.
- [16] A. S. Saputra and Suprihati, "Hara pembatas Aplikasi Teknologi Nanobubble Oksigen (O<sub>2</sub>) Terhadap Pertumbuhan Tanaman dan Karakteristik Fisiologis Edible Flower *Viola* (*Viola cornuta*) (Husni S. F., dkk., 2026) pembentukan bunga dan benih tanaman *Viola* (*Viola cornuta* L.)," *J. Hort. Indones.*, vol. 10, no. 3, pp. 214–221, 2019, doi: 10.29244/jhi.10.3.214-221.
- [17] F. I. Syafitri, T. Rahayu, and G. E. Jayanti, "Potential of ecoenzymes and N<sub>2</sub> nanobubbles on the growth of *Phalaenopsis* sp. orchid at the acclimatization stage," *J. Ilmu Dasar*, vol. 25, no. 1, pp. 41–48, 2024.
- [18] R. M. Syahadat, I. Saleh, and A. A. F. A. Christalista, "Tren riset pascapanen edible flower," *Sentri: J. Riset Ilm.*, 2022.
- [19] Y. Wang et al., "Nanobubbles promote nutrient utilization and plant growth in rice by upregulating nutrient uptake genes and stimulating growth hormone production," *Sci. Total Environ.*, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149627.
- [20] M. R. Zakie, D. Dinarti, and A. Purwito, "Manajemen panen dan pasca panen edible flower di Cidadap, Kota Bandung," *Bul. Agrohorti*, vol. 11, no. 1, pp. 79–87, 2023.