BUKTI KORESPONDENSI

ARTIKEL JURNAL NASIONAL TERAKREDITASI SINTA 3

Judul Artikel	:	Nanosilika sekam padi memodifikasi anatomi akar dan meningkatkan panjang akar planlet Anggrek *Dendrobium* sp. In Vitro.
Jurnal	:	Agroscript Journal of Applied Agricultural Sciences; Vol.8 No 1 Juni 2026 (Terbit Online Maret 2026)
Penulis	:	Tantri Swandari*, Laras Panji Laksana, Kuni Faizah

No.	Perihal	Tanggal
1	Bukti Konfirmasi Submit Artikel dan Artikel yang Submit	1 Januari 2026
2	Bukti Riwayat Review dari OJS	14 Februari 2026
3	Komentar Reviewer A dan B	1 Maret 2026
4	Artikel yang Direvisi	6 Maret 2026
5	Email Penjelasan Revisi	14 Maret 2026
6	Konfirmasi Accepted	15 Maret 2026
7	Artikel Publish	30 Maret 2026

1. **Bukti Konfirmasi Submit Artikel dan Artikel yang Submit**

2615 / **Swandari et al.** / Nanosilika Sekam Padi Memodifikasi Anatomi Akar dan Meningkatkan Panjang Akar Planlet Anggrek Dendrob **Library**

Workflow **Publication**

Submission **Review** **Copyediting** **Production**

Submission Files

Search

12585 PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK NANOSILIKA SEKAM PADI DALAM MEDIA KULTUR JARINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN PLANLET ANGGREK Dendrobium sp.docx	January 1, 2026	Article Text
12586 AGROSCRIPT_Nanosilika_Tantri..pdf	January 1, 2026	Other
12587 Surat Pernyataan Penulis.pdf	January 1, 2026	Other
12592 2615 - Review.docx	January 2, 2026	Article Text

Download All Files

Pre-Review Discussions

Add discussion

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
Comments for the Editor	tantri_14swandari 2026-01-01 10:17 AM	-	0	

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id>

[AGROSCRIPT] Rekomendasi Reviewer

2 pesan

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 12 Januari 2026 pukul 10.14
Kepada: tantri14swandari@instiperjogja.ac.id

Yth. Ibu Tantri Swandari

Salam. Bapak izin konfirmasi bahwa manuskrip yang berjudul "Pengaruh Penambahan Serbuk Nanosilika Sekam Padi dalam Media Kultur Jaringan terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek Dendrobium sp." akan dilanjutkan ke tahap Review. Untuk kelancaran proses review, apakah Bapak dapat mengirimkan 2 rekomendasi reviewer? Adapun untuk data yang diperlukan sebagai berikut:

Nama Lengkap:
Email:
Asal Instansi:

Demikian, terima kasih.

Best regards,
Tim Editor Agroscript

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id> 12 Januari 2026 pukul 11.00
Kepada: Agro Script <agroscript@unper.ac.id>

Yth. Bapak/Ibu Editor Jurnal Agroscript
Salam hormat,

Terima kasih atas konfirmasi dan kesempatan yang diberikan bahwa manuskrip kami yang berjudul **"Pengaruh Penambahan Serbuk Nanosilika Sekam Padi dalam Media Kultur Jaringan terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek *Dendrobium* sp."** akan dilanjutkan ke tahap review.

Sehubungan dengan permintaan tersebut, bersama email ini kami sampaikan **dua rekomendasi reviewer** untuk mendukung kelancaran proses penelaahan manuskrip, dengan data sebagai berikut:

1. **Nama Lengkap: Aries Bagus Sasongko**
   Email: ariesbaguss@ugm.ac.id
   Asal Instansi: Fakultas Biologi UGM

2. **Nama Lengkap: Ixora Sartika Mercuriani**
   Email: ixomerc@uny.ac.id
   Asal Instansi: Fakultas Biologi UNY

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatian dan kerja sama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,

Tantri Swandari

[Kutipan teks disembunyikan]

--
Tantri Swandari, S.Si., M.Sc.

Biology; Genetic & Plant Breeding
Fakultas Pertanian Stiper (INSTIPER) Yogyakarta.
Jl. Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta.
CP : 081903232277

AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences
Volume 7, Issue 1, June 2025
Pages:

DOI:
URL: https://e-journal.unper.ac.id/index.php/agroscript

P-ISSN (2685-9505) E-ISSN (2685-9491)

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK NANOSILIKA SEKAM PADI DALAM MEDIA KULTUR JARINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN PLANLET ANGGREK *Dendrobium* sp.

EFFECT OF RICE HUSK NANOSILICA IN TISSUE CULTURE MEDIUM ON THE GROWTH OF *Dendrobium* sp. PLANLETS

Tantri Swandari[1*], Laras Panji Laksana[2], Kuni Faizah[3]

1, 2. Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Stiper
3. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper
Jalan Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta

Corresponding email: tantri14swandari@instiperjogja.ac.id

Kata kunci:
Anggrek
Silika
In vitro
Aklimatisasi
Epidermis

ABSTRAK

Nanosilika berbasis sekam padi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aditif media kultur jaringan untuk meningkatkan kualitas bibit anggrek *Dendrobium* sp. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis nanosilika padi yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kondisi fisiologis planlet anggrek *Dendrobium* yang ditumbuhkan secara in vitro. Penelitian dilakukan dengan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: N0 (0 gL^{-1}), N1 (1 gL^{-1}), N2 (2 gL^{-1}), N3 (3 gL^{-1}), masing-masing diulang sebanyak 10 kali. Parameter yang diamati meliputi tinggi planlet, jumlah daun dan akar, panjang akar, berat segar, warna daun (L*, a*, dan b*), serta karakter anatomi akar dan daun melalui pengamatan mikroskopis irisan melintang. Data parameter dianalisis menggunakan analisis varian dilanjutkan dengan uji duncan taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan nanosilika memberikan pengaruh terhadap panjang akar dan kualitas warna daun yang ditunjukkan oleh daun yang lebih hijau gelap serta memodifikasi struktur anatomi berupa pembesaran sel epidermis akar dan daun serta pembentukan berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Nanosilika padi pada dosis 2 gL^{-1} mampu meningkatkan kualitas morfologis, fisiologis, dan anatomi planlet anggrek *Dendrobium*, sehingga meningkatkan kesiapan adaptasi tanaman pada fase aklimatisasi dan berpotensi meningkatkan keberhasilan pertumbuhan bibit.

Keywords:
Orchid
Silica
In vitro
Acclimatization
Epidermal cell

ABSTRACT

Rice husk–derived nanosilica has potential as an additive in tissue culture media to improve the quality of *Dendrobium* sp. orchid plantlets. This study aimed to determine the effective dose of rice husk nanosilica on the growth and physiological performance of *Dendrobium* plantlets cultured in vitro. The experiment was conducted by incorporating nanosilica into the tissue culture medium and arranged in a completely randomized design with a single factor, namely nanosilica application, consisting of four treatment levels: N0 (0 g L^{-1}), N1 (1 g L^{-1}), N2 (2 g L^{-1}), and N3 (3 g L^{-1}), with ten replicates per treatment. The observed parameters included plantlet height, number of leaves, number of roots, root length, fresh weight, leaf color parameters (L*, a*, and b*), as well as root and leaf anatomical characteristics assessed through microscopic observation of transverse sections. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test at a 5% significance level. The results showed that nanosilica application significantly increased root length and improved leaf color quality, as indicated by darker and greener leaves. In addition, nanosilica-induced anatomical modifications were evident in the enlargement of epidermal cells in both roots and leaves, as well as in the formation of more compact vascular bundles in roots. Rice husk nanosilica at a dose of 2 g L^{-1} was identified as the most effective treatment, enhancing the morphological, physiological, and anatomical quality of *Dendrobium* plantlets, thereby improving their adaptive capacity during the acclimatization phase and potentially increasing seedling establishment success.

Article history: Received ……..; Revised……..; Accepted…

PENDAHULUAN

Dendrobium merupakan salah satu genus tanaman anggrek yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomis tinggi, keindahan bentuk bunga, keragaman warna, serta daya tahan bunga yang relatif lama setelah mekar. Selain itu, Dendrobium banyak diminati oleh masyarakat karena teknik perawatan yang relatif lebih mudah dibandingkan genus anggrek lainnya. Kelebihan tersebut membuat Dendrobium menjadi komoditas yang populer sebagai anggrek potong dan anggrek pot. Oleh karena itu, pengembangan budidaya Dendrobium memiliki peran strategis untuk meningkatkan nilai ekonomi hortikultura maupun mendukung upaya konservasi plasma nutfah anggrek yang bernilai tinggi (Rofik, 2018; Widiastoety et al., 2016).

Kelebihan anggrek Dendrobium tersebut menyebabkan permintaan pasar terus meningkat namun ketersediaan bibit anggrek unggul dalam jumlah banyak masih terbatas. Oleh karena itu, teknik kultur jaringan atau mikropropagasi menjadi alternatif yang lebih unggul karena mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, serta memerlukan waktu yang lebih cepat (Mulwa & Mwanza, 2006; Teixeira da Silva et al., 2015). Metode ini juga memungkinkan perbanyakan sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim, serta menjadi sarana penting dalam konservasi dan perbaikan varietas unggul (Adawiyah et al., 2024). Namun demikian, pertumbuhan eksplan dalam kultur jaringan seringkali terhambat sehingga diperlukan inovasi dalam formulasi media kultur untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan eksplan. Salah satu inovasi yang potensial adalah penambahan nanosilika sebagai sumber silikon (Si), yang dikenal sebagai unsur benefisial bagi tanaman. Dalam kultur jaringan, penambahan nanosilika telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan memperkuat struktur sel (Dung et al., 2016; Khasanah et al., 2016).

Akumulasi silikon dalam jaringan tanaman juga dapat meningkatkan kualitas fisiologis dan daya adaptasi tanaman setelah diaklimatisasi (Ehirim et al., 2014; Sivanesan & Park, 2014). Tanaman yang memperoleh suplai nanosilika selama fase in vitro cenderung memiliki sistem perakaran yang lebih kuat, efisiensi fotosintesis yang lebih baik, serta ketahanan lebih tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan saat dipindahkan dari kondisi aseptik ke lingkungan alami (Lu et al., 2015; Nikmah et al., 2017). Dengan demikian, penambahan nanosilika pada media kultur diharapkan tidak hanya mempercepat pertumbuhan in vitro, tetapi juga meningkatkan keberhasilan aklimatisasi dan daya adaptasi tanaman Dendrobium.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Eksplan yang digunakan berupa PLB (*protocorm like bodies*) anggrek *Dendrobium* sp. yang berumur 1 bulan setelah penaburan biji. Pengamatan pertumbuhan anggrek dilakukan selama dua bulan, yaitu dari bulan Februari hingga Maret, sedangkan pengamatan anatomi dilakukan pada bulan April. Bahan yang digunakan antara lain media kultur Murashige dan Skoog (MS), sukrosa, agar sebagai pemadat, nanosilika pasir, akuades, KOH, HCL, dan alkohol 70%. Alat yang digunakan meliputi LAF (*Laminar Air Flow*), botol kultur, gelas ukur, pipet tetes, spatula, pinset, pH stik, autoklaf Hirayama Hiclave HVE-50, timbangan analitik digital ADJ, dan mikroskop Olimpus CX21. Tahap penelitian meliputi;

Sterilisasi eksplan buah anggrek dan penaburan biji anggrek.

Buah anggrek *Dendrobium* sp berumur 5-6 bulan dari persilangan sendiri (*selfing*) disterilisasi melalui dua tahap, yaitu di luar dan dalam LAF. Sterilisasi buah anggrek di luar LAF dilakukan dengan mencuci buah menggunakan Tween kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya buah anggrek disemprot dengan alkohol 70% sebelum dipindahkan ke dalam LAF untuk proses sterilisasi kedua. Dalam LAF, buah anggrek terlebih dahulu dicelupkan ke dalam alkohol 70% selama kurang lebih 30 detik, kemudian buah dilewatkan pada api bunsen untuk memastikan permukaan steril, langkah ini diulang 2-3 kali. Setelah sterilisasi, buah dibelah memanjang dengan menggunakan skalpel, dan biji yang diperoleh ditampung dalam cawan petri untuk penaburan. Penaburan biji dilakukan langsung ke dalam media kultur steril yang telah disiapkan sebelumnya. Upayakan penaburan dilakukan merata pada semua permukaan media kultur. **Pembuatan media kultur dengan penambahan nanosilika pasir.**

Media dasar yang digunakan adalah media Murashige and Skoog (MS) instan dengan beberapa perlakuan penambahan nanosilika, yaitu 0 gL^{-1} (M1N0), 1 gL^{-1} (M1N1), 2 gL^{-1} (M1N2), dan 3 gL^{-1} (M1N3). Tahapan pembuatan media dimulai dengan menimbang 7 g agar sebagai pemadat, 30 g sukrosa sebagai sumber karbon, dan 4,43 g bubuk media MS instan. Selanjutnya disiapkan larutan awal dengan menambahkan 500 mL akuades ke dalam gelas ukur 1000 mL, lalu dimasukkan agar, sukrosa, dan media MS instan. Larutan diaduk hingga homogen, kemudian pH diukur dan disesuaikan pada kisaran 5,6–5,8 menggunakan KOH atau HCl bila diperlukan. Setelah itu, akuades ditambahkan hingga mencapai volume akhir 1000 mL, lalu larutan dipanaskan kembali sampai seluruh komponen terlarut sempurna. Larutan media yang telah homogen dibagi ke dalam empat

gelas ukur, masing-masing berisi 250 mL. Untuk perlakuan penambahan nanosilika, ditambahkan serbuk nanosilika dengan jumlah yang disesuaikan, yaitu 0 g untuk M1N0, 0,25 g untuk M1N1 (setara dengan 1 gL^{-1}), 0,50 g untuk M1N2 (setara dengan 2 gL^{-1}), dan 0,75 g untuk M1N3 (setara dengan 3 gL^{-1}). Setelah nanosilika ditambahkan, larutan diaduk hingga tercampur merata. Media kemudian dimasukkan ke dalam botol kultur sesuai kebutuhan, ditutup rapat, dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15–20 menit. Media yang telah disterilisasi selanjutnya disimpan pada suhu ruang hingga siap digunakan untuk penanaman eksplan.

Subkultur PLB anggrek *Dendrobium* sp. dalam media MS dengan penambahan nanosilika pasir.

PLB anggrek *Dendrobium* sp. berumur 4 minggu setelah penaburan biji selanjutkan ditanam dalam media perlakuan (penambahan nanosilika pasir 1gL^{-1}, 2 gL^{-1}, 3 gL^{-1}, dan kontrol tanpa penambahan). Setiap botol ditanam sebanyak 3 PLB, kemudian mulut botol dipanaskan pada api bunsen lalu ditutup dengan alumunium foil steril dan dilapisi dengan *plastic wrap*. PLB yang disubkultur diinkubasi pada suhu 25°C dan diterangi dengan lampu LED 24 jam. Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 2 bulan.

Parameter pengamatan.

Pertumbuhan bibit anggrek *Dendrobium* sp. diamati melalui beberapa parameter. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang menggunakan kertas milimeter. Pengukuran dilakukan setiap minggu selama dua bulan untuk memantau laju pertumbuhan. Jumlah daun dan akar dicatat dengan cara menghitung organ yang muncul pada setiap bibit dengan interval waktu yang sama. Panjang akar diamati pada minggu ke-8 setelah tanam dengan mengukur akar terpanjang dari pangkal hingga ujung. Berat segar tanaman ditentukan pada minggu ke-8 dengan cara menimbang bibit menggunakan timbangan analitik. Selain pertumbuhan, warna daun juga dianalisis pada minggu ke-8 menggunakan colorimeter. Data warna yang diperoleh dalam format CIE-Lab kemudian diolah dengan aplikasi EasyRGB untuk mendapatkan deskripsi warna daun secara lebih detail. Pada akhir pengamatan dilakukan analisis anatomi akar, batang, dan daun. Jaringan tanaman terlebih dahulu difiksasi menggunakan larutan FAA, kemudian melalui tahap dehidrasi bertingkat dengan etanol, penjernihan, dan embedding dalam parafin. Sampel jaringan dipotong tipis dengan mikrotom, diwarnai menggunakan safranin, lalu dibuat preparat awetan. Preparat yang dihasilkan diamati di bawah mikroskop.

Rancangan penelitian dan analisis data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: N0 (0 gL^{-1}), N1 (1 gL^{-1}), N2 (2 gL^{-1}), N3 (3 gL^{-1}), masing-masing diulang sebanyak 10 kali sehingga terdapat 40 satuan percobaan (10 botol kultur). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan aplikasi SPSS pada taraf kepercayaan 95%.

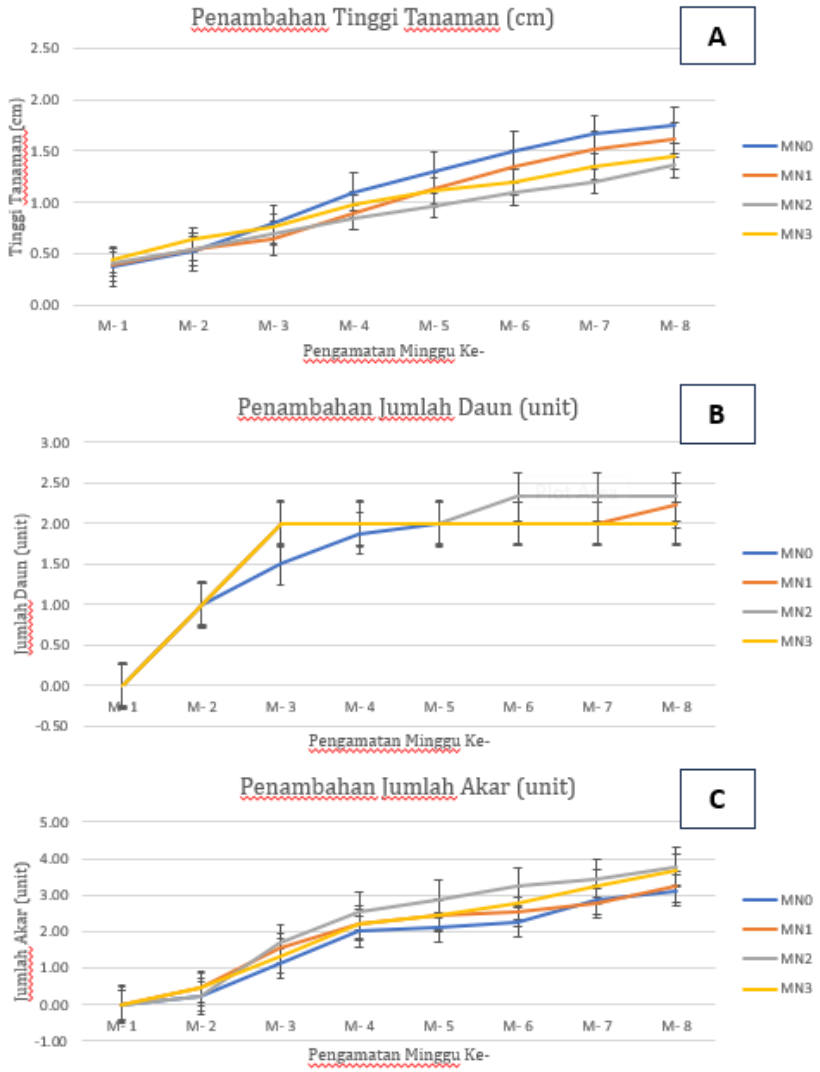
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) maupun perlakuan dengan penambahan nanosilika 1, 2, dan 3 gL^{-1} (MN1-MN3) mengikuti pola pertumbuhan sigmoid yang dicirikan oleh fase awal pertumbuhan lambat kemudian mencapai maksimal lalu mengalami fase perlambatan. Meskipun pola dasarnya serupa namun penambahan nanosilika memunculkan perbedaan kecenderungan pertumbuhan pada setiap parameter vegetatif yang diamati.

Pada parameter tinggi tanaman, perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) menunjukkan kecenderungan penambahan tinggi yang lebih besar dibandingkan perlakuan dengan nanosilika 1, 2, dan 3 gL^{-1} (MN1-MN3). Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanpa penambahan nanosilika, pertumbuhan tanaman cenderung diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika, laju penambahan tinggi relatif lebih terkendali yang mengisyaratkan adanya perubahan pola pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media tumbuh. Fenomena ini menunjukkan bahwa nanosilika tidak secara langsung mendorong pemanjangan batang tetapi lebih berperan dalam mengarahkan pertumbuhan ke pembentukan organ vegetatif lainnya (Dung et al., 2016; Lu et al., 2015).

Penambahan jumlah daun menunjukkan kecenderungan tertinggi pada perlakuan MN2 (2 g L^{-1} nanosilika). Hal ini mengindikasikan bahwa nanosilika 2 gL^{-1} berada pada kisaran dosis yang paling mendukung pembentukan daun. Peningkatan jumlah daun pada MN2 berpotensi meningkatkan luas bidang fotosintesis dan efisiensi pemanfaatan cahaya, yang merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan. Pada parameter jumlah akar, perlakuan MN2 dan MN3 menunjukkan kecenderungan penambahan yang lebih besar dibandingkan MN0 dan MN1. Respon ini mengindikasikan bahwa nanosilika pada konsentrasi menengah hingga tinggi lebih efektif dalam merangsang perkembangan sistem perakaran. Peningkatan jumlah akar mencerminkan kemampuan tanaman dalam memperluas daerah serapan air dan hara. Peningkatan jumlah akar pada fase

pertumbuhan menengah hingga akhir sangat penting untuk menopang pertumbuhan tajuk dan menjaga keseimbangan fisiologis tanaman. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan adanya respon dosis nanosilika terhadap pola pertumbuhan tanaman. Perlakuan MN2 tampak sebagai konsentrasi yang paling seimbang dalam mendukung pembentukan daun dan akar, sedangkan pada konsentrasi lebih tinggi (MN3) respon pertumbuhan cenderung lebih diarahkan ke sistem perakaran. Sementara itu, tanpa penambahan nanosilika (MN0), tanaman menunjukkan kecenderungan pertumbuhan memanjang batang yang lebih dominan. Pola ini menegaskan bahwa nanosilika berperan dalam mengarahkan alokasi pertumbuhan antarorgan, bukan sekadar meningkatkan pertumbuhan secara kuantitatif (Khasanah et al., 2016; Santi, 2016, Nikmah et al., 2017).



Gambar 1. Laju pertumbuhan planlet anggrek Dendrobium sp. dengan perlakuan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. A. Penambahan tinggi tanaman (cm), B. Penambahan jumlah daun (unit/helai), C. Penambahan jumlah akar (unit).

Tabel 1. Karakter pertumbuhan planlet anggrek *Dendrobium* sp.

Perlakuan	Penambahan				Berat Segar (gram)	Warna Daun		
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (unit)	Jumlah Akar (unit)	Panjang Akar (cm)		L	a	b
MN0	1.75 a	2.00 a	3.12 a	0.51 b	0.19 a	67.08 a	-5.28 a	11.09 b
MN1	1.65 a	2.25 a	3.37 a	0.49 b	0.13 a	61.16 b	-9.57 b	21.59 a
MN2	1.41 a	2.37 a	4.00 a	0.62 ab	0.20 a	60.45 b	-8.75 b	18.95 a
MN3	1.52 a	2.00 a	3.87 a	0.78 a	0.17 a	66.18 ab	-7.71 b	17.28 a

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 1, penambahan nanosilika pada berbagai konsentrasi (1–3 g L^{-1}) tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap penambahan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar, maupun berat segar planlet anggrek *Dendrobium* sp. Keseragaman huruf pada setiap parameter menunjukkan bahwa pada fase planlet, penambahan nanosilika hingga konsentrasi 3 g L^{-1} belum memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif secara kuantitatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada fase awal pertumbuhan in vitro, respons pertumbuhan planlet masih sangat dipengaruhi oleh media dasar dan suplai karbon eksogen, sehingga efek perlakuan tambahan belum sepenuhnya tercermin dalam peningkatan biomassa (Pikukuh et al., 2015). Meskipun demikian, secara deskriptif terlihat adanya perbedaan kecenderungan respons antarperlakuan. Penambahan tinggi tanaman cenderung lebih besar pada perlakuan MN0 (tanpa nanosilika), yang menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa nanosilika, pertumbuhan planlet lebih diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika (MN1–MN3), pertumbuhan tinggi relatif lebih terkendali, mengindikasikan adanya perubahan pola alokasi pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media kultur. Respons yang lebih menonjol ditunjukkan pada parameter sistem perakaran. Perlakuan MN3 (3 g L^{-1} nanosilika) menghasilkan panjang akar tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan MN0 dan MN1. Hal ini menunjukkan bahwa nanosilika pada konsentrasi tinggi berpotensi mendorong pemanjangan akar planlet. Peningkatan panjang akar yang tidak diikuti oleh peningkatan jumlah akar secara nyata mengindikasikan bahwa nanosilika lebih berperan dalam proses elongasi akar dibandingkan inisiasi akar baru. Dalam konteks kultur jaringan, karakter akar yang lebih panjang menjadi aspek penting karena berpotensi meningkatkan kemampuan adaptasi planlet pada tahap aklimatisasi serta mendukung keberhasilan pertumbuhan lanjutan di luar kondisi in vitro. Berat segar planlet relatif seragam pada seluruh perlakuan, yang menunjukkan bahwa penambahan

nanosilika belum berdampak langsung terhadap akumulasi biomassa pada fase planlet. Hal ini wajar mengingat pada sistem kultur in vitro, pertumbuhan planlet masih sangat bergantung pada sumber karbon dari media dan belum sepenuhnya ditentukan oleh aktivitas fotosintesis. Oleh karena itu, perubahan fisiologis awal yang dipicu oleh nanosilika belum secara langsung tercermin dalam peningkatan bobot segar tanaman (Raynalta & Sukma, 2015; Sivanesan & Park, 2014).

Parameter warna daun (L*, a*, dan b*) menunjukkan respons yang lebih sensitif terhadap perlakuan nanosilika dibandingkan parameter morfologi planlet. Penurunan nilai L* pada perlakuan nanosilika menunjukkan daun tampak lebih gelap, yang mengindikasikan peningkatan kemampuan daun dalam menyerap cahaya dan kemungkinan peningkatan kandungan klorofil. Nilai a* yang semakin negatif mencerminkan intensitas warna hijau daun yang lebih tinggi, menunjukkan dominasi pigmen klorofil sebagai komponen utama fotosintesis. Sementara itu, peningkatan nilai b* mengindikasikan adanya perubahan keseimbangan pigmen ke arah komponen kuning–hijau, yang berkaitan dengan peran pigmen aksesori dalam sistem fotoproteksi. Perubahan parameter warna daun ini mengindikasikan bahwa nanosilika lebih cepat memengaruhi aspek fisiologis dan kualitas jaringan daun, terutama yang berkaitan dengan efisiensi penyerapan cahaya dan stabilitas pigmen fotosintetik, dibandingkan dengan pertumbuhan morfologis yang bersifat kuantitatif (Adrees et al., 2015; Ismail et al., 2022). Peran nanosilika sebagai elemen semi-esensial tercermin dari kemampuannya memperbaiki fungsi dan struktur jaringan daun tanpa secara langsung menginduksi peningkatan ukuran organ, sehingga mendukung peningkatan kesiapan fisiologis planlet selama fase pertumbuhan in vitro.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan nanosilika pada media kultur jaringan anggrek *Dendrobium* sp. belum secara nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan biomassa planlet, namun berpengaruh terhadap perkembangan sistem perakaran dan karakter fisiologis daun. Perlakuan MN2 menunjukkan respons yang relatif seimbang antara pertumbuhan vegetatif dan kualitas daun, sedangkan MN3 lebih menonjol dalam mendorong pemanjangan akar. Temuan ini menegaskan bahwa nanosilika berperan sebagai modulator fisiologis yang berpotensi meningkatkan kesiapan adaptif planlet terhadap cekaman abiotik pada tahap aklimatisasi, dibandingkan sebagai pemacu pertumbuhan vegetatif cepat pada fase in vitro (Currie & Perry, 2007; Alsaeedi et al., 2019).

Hasil pengamatan anatomi akar anggrek *Dendrobium* sp. yang

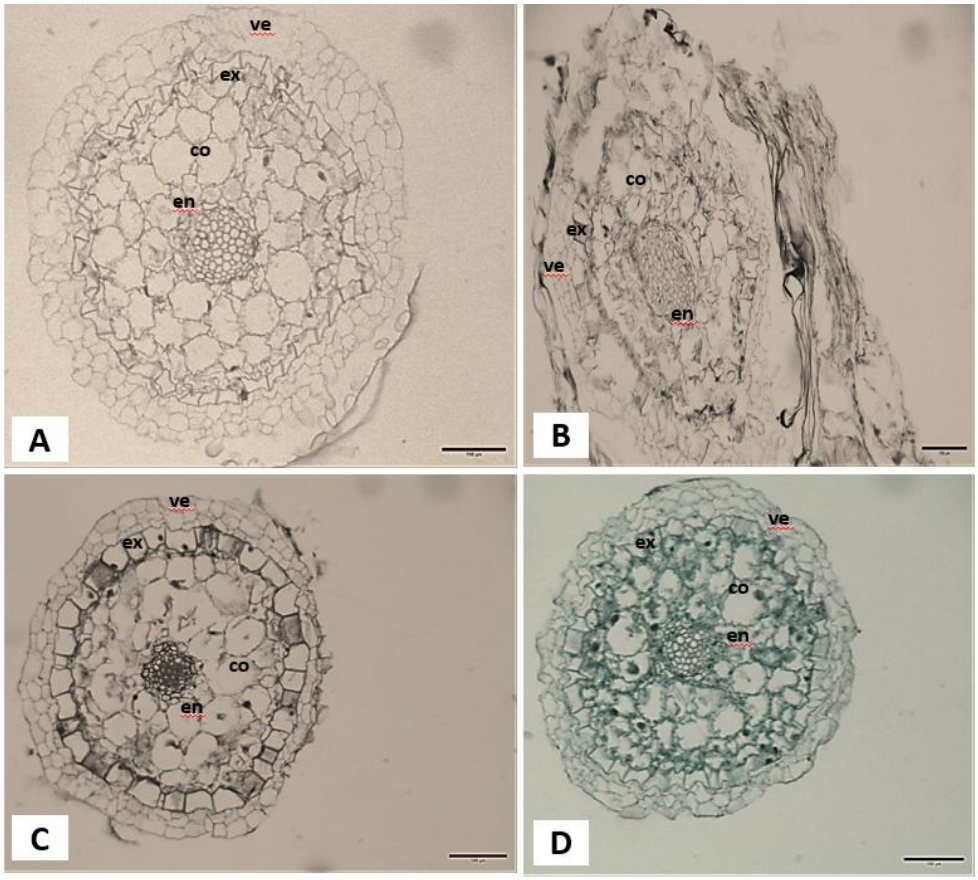
ditumbuhkan pada media kultur jaringan dengan penambahan nanosilika konsentrasi 2 g L^{-1} menunjukkan adanya perubahan struktur jaringan yang bersifat spesifik walaupun hanya diamati secara kualitatif. Perubahan tersebut terutama tampak pada penebalan eksodermis serta karakter berkas pengangkut yang lebih kecil namun tersusun lebih kompak dibandingkan perlakuan tanpa perlakukan nanosilika. Modifikasi anatomi ini mengindikasikan adanya respons fisiologis tanaman terhadap keberadaan nanosilika sebagai agen penguat struktur dan peningkat ketahanan jaringan. Penebalan eksodermis (ex) merupakan salah satu respons anatomi yang paling menonjol akibat aplikasi nanosilika. Eksodermis pada akar anggrek berfungsi sebagai lapisan pelindung utama di bawah velamen (ve) yang berperan dalam mengatur lalu lintas air dan ion dari lingkungan menuju jaringan dalam. Peningkatan ketebalan eksodermis mengindikasikan adanya deposisi silika pada dinding sel, yang berpotensi membentuk lapisan penguat berupa kompleks silika–kutikula atau fitolit. Deposisi ini memperkuat dinding sel secara mekanis sehingga meningkatkan ketahanan akar terhadap penetrasi patogen, khususnya mikroorganisme penyebab busuk akar yang umum menyerang tanaman hasil kultur jaringan. Selain berfungsi sebagai benteng pertahanan mekanis, eksodermis yang menebal juga berperan sebagai penghalang apoplastik yang efektif dalam mengurangi kehilangan air (Sasidharan et al., 2011; Nasution et al., 2020).

Pada fase aklimatisasi maupun kondisi lingkungan mikro yang fluktuatif, kemampuan akar untuk mempertahankan status air menjadi faktor kunci keberhasilan pertumbuhan planlet anggrek. Penebalan eksodermis akibat silika diduga membantu menekan laju difusi air keluar jaringan, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan terhadap cekaman kekeringan relatif. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyebutkan bahwa silikon mampu meningkatkan deposisi suberin dan lignin pada eksodermis akar, yang berfungsi memperkuat jaringan sekaligus membatasi pergerakan air dan ion secara tidak terkontrol (Currie & Perry, 2007).

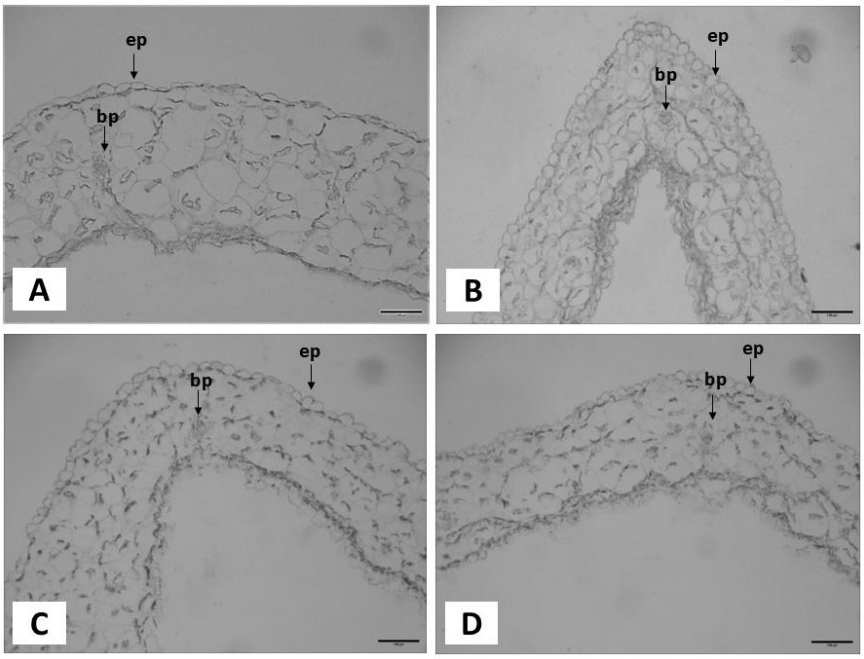
Perubahan anatomi lain yang diamati adalah struktur berkas pengangkut yang tampak lebih kecil namun tersusun lebih rapat dan kompak. Kondisi ini menunjukkan adanya reorganisasi jaringan vaskular sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan tumbuh in vitro. Berkas pengangkut yang lebih kompak sering dikaitkan dengan peningkatan kerapatan elemen xilem dan floem, yang secara fisiologis dapat meningkatkan efisiensi transportasi air, mineral, dan hasil fotosintesis. Struktur berkas pengangkut yang kompak juga

memberikan keuntungan dari sisi stabilitas mekanis (Nikmah et al., 2017; Oliveira & Sajo, 1999). Berkas pengangkut pada akar yang lebih padat mampu menahan tekanan fisik dari media tanam serta fluktuasi tekanan turgor yang sering terjadi pada sistem kultur jaringan. Dengan demikian, nanosilika tidak hanya berperan dalam memperkuat jaringan perifer akar, tetapi juga memperkokoh jaringan internal yang berperan langsung dalam distribusi sumber daya bagi pertumbuhan tanaman (Sahebi et al., 2016).

Secara keseluruhan, perubahan anatomi akar anggrek akibat penambahan nanosilika 2 g L^{-1} mencerminkan peran silika sebagai elemen semi-esensial yang bersifat protektif dan adaptif. Oleh karena itu, aplikasi nanosilika pada konsentrasi yang tepat berpotensi menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan bibit anggrek sebelum memasuki tahap aklimatisasi dan pertumbuhan lanjutan (Sivanesan & Park, 2014).



Gambar 2. Penampang lintang akar anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 gL^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 gL^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 gL^{-1}). Kode en: endodermis, co: kortek, ex: eksodermis, ve: velamen.



Gambar 3. Penampang lintang daun anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 gL^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 gL^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 gL^{-1}). Kode ep: epidermis, bp: berkas pengangkut.

Pengamatan anatomi daun *Dendrobium* secara in vitro menunjukkan bahwa penambahan nanosilika menyebabkan perubahan nyata pada struktur epidermis daun. Pada perlakuan kontrol, sel epidermis tampak lebih kecil dan tersusun rapat dengan lapisan kutikula yang relatif tipis. Sebaliknya, pemberian nanosilika menghasilkan sel epidermis berukuran lebih besar dengan susunan yang lebih teratur serta lapisan kutikula yang lebih tebal dan jelas. Perubahan ini mengindikasikan adanya modifikasi struktural jaringan epidermis sebagai respons terhadap integrasi silika ke dalam dinding sel daun (Nikmah et al., 2017; Sahebi et al., 2016).

Secara fisiologis, pembesaran sel epidermis dan penebalan kutikula pada daun yang diberi nanosilika berkaitan dengan deposisi silika di bawah lapisan kutikula yang membentuk *silicon–cuticle double layer*. Struktur ini meningkatkan kekuatan mekanis dan rigiditas daun, sehingga daun cenderung lebih tegak dan mampu mengoptimalkan penangkapan cahaya untuk fotosintesis. Selain itu, epidermis yang lebih berkembang berperan dalam meningkatkan efisiensi transmisi cahaya menuju jaringan mesofil serta mengurangi kehilangan air melalui transpirasi, yang sangat penting bagi ketahanan bibit anggrek hasil kultur jaringan pada fase aklimatisasi (Metusala et al., 2017). Dengan demikian, nanosilika berfungsi sebagai elemen semiesensial yang memperkuat struktur pelindung daun.

KESIMPULAN

Pemberian nanosilika pada media kultur jaringan memengaruhi karakter pertumbuhan dan kualitas fisiologis planlet anggrek yang tercermin pada peningkatan panjang akar, perubahan warna daun, serta modifikasi anatomi akar dan daun. Perlakuan nanosilika meningkatkan ukuran sel epidermis akar dan daun serta membentuk berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Perubahan parameter warna daun menunjukkan peningkatan kualitas fisiologis jaringan fotosintetik.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, A., Tridesianti, S., Oktaviani, V., Julita, U., & Supriyatna, A. (2024). Pertumbuhan Kultur Meristem Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dengan Penambahan Kombinasi Benzylaminopurine (BAP) dan Indole Butyric Acid (IBA). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, *6*(2), 164–174. Retrieved from: https://doi.org/10.36423/agroscript.v6i2.2012

Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Qayyum, M. F., & Irshad, M. K. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *119*, 186–197. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011

Alsaeedi, A., El-Ramady, H., Alshaal, T., El-Garawany, M., Elhawat, N., & Al-Otaibi, A. (2019). Silica nanoparticles boost growth and productivity of cucumber under water deficit and salinity stresses by balancing nutrients uptake. *Plant Physiology and Biochemistry*, *139*(December 2018), 1–10. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.008

Currie, H. A., & Perry, C. C. (2007). Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, *100*(7), 1383–1389. Retrieved from: https://doi.org/10.1093/aob/mcm247

Dung, P. D., Ngoc, L. S., Thuy, N. N., Truc, L. T. M., Le, B. Van, Phu, D. Van, Duy, N. N., & Hien, N. Q. (2016). Effect Of Nanosilica From Rice Husk On The Growth Enhancement Of Chilli Plant (*Capsicum frutescens* L .). *Journal of Science and Techmology*, *54*(5), 607–613. Retrieved from: https://doi.org/10.15625/0866-708X/54/5/7034

Ehirim, B. O., Ishaq, M. N., Agboire, S., Solomon, C., Ejizu, A. N., & Diarra, A. (2014). Acclimatization: An Important Stage in Tissue Culture. *Asian American Plant Science Research Journal*, *1*(April), 1–7. Retrieved from: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15272.47369

Ismail, L. M., Ismail, L. M., Soliman, M. I., Soliman, M. H., El-Aziz, M. H. A., El-Aziz, M. H. A., Abdel-Aziz, H. M. M., & Abdel-Aziz, H. M. M. (2022). Impact of Silica Ions and Nano Silica on Growth and Productivity of Pea Plants under Salinity Stress. *Plants*. Retrieved from:https://doi.org/10.3390/plants11040494

Khasanah, I., Prihastanti, E., Hastuti, E. D., & Subagio, A. (2016). Pengaruh Kombinasi Pupuk daun dan Nano silika terhadap Pertumbuhan Anggrek (*Dendrobium* sp.) pada Subkultur secara In Vitro. *Jurnal Biologi*, *5*(3), 15–22.

Lu, M. M. D., Silva, D. M. R. De, Peralta, E. K., & Fajardo, A. N. (2015). Effects of Nanosilica Powder from Rice Hull Ash on Seed Germination of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Philippine E-Journal for Applied Reseacrch and Development*, *5*(1997), 11–22.

Metusala, D., Supriatna, J., Nisyawati, & Sopandie, D. (2017). Comparative leaf and root anatomy of two Dendrobium species (Orchidaceae)

from different habitat in relation to their potential adaptation to drought. *AIP Conference Proceedings*, *1862*(July). Retrieved from: https://doi.org/10.1063/1.4991222

Mulwa, R. M. S., & Mwanza, L. M. (2006). Biotechnology approaches to developing herbicide tolerance/selectivity in crops. *African Journal of Biotechnology*, *5*(5), 396–404. Retrieved from: https://doi.org/10.4314/ajb.v5i5.

Nasution, L. Z., Hasibuan, M., & Manurung, E. D. (2020). Adaptability of tissue-cultured Dendrobium orchid planlets on planting media and its position during acclimatization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *454*(1). Retrieved from: https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012166

Nikmah, Z. C., Slamet, W., & Kristanto, B. A. (2017). Aplikasi silika dan NAA terhadap pertumbuhan Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* l.) pada tahap aklimatisasi. *Journal of Agro Complex*, *1*(3), 101. Retrieved from: https://doi.org/10.14710/joac.1.3.101-110

Oliveira, V. del C., & Sajo, M. das G. (1999). Root anatomy of nine orchidaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *42*(4). Retrieved from:https://doi.org/10.1590/s1516-89131999000400005

Pikukuh, P., Djajadi, Tyasmoro, S. Y., & Aini, N. (2015). Pengaruh Frekuensi dan Konsentrasi Penyemprotan Pupuk Nano Silika (Si) terhadap Pertumbuhan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, *3*(3), 249–258.

Raynalta, E., & Sukma, D. (2015). Pengaruh Komposisi Media dalam Perbanyakan Protocorm Like Bodies, Pertumbuhan Planlet, dan Aklimatisasi *Phalaenopsis amabilis*. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, *4*(3), 131. Retrieved from: https://doi.org/10.29244/jhi.4.3.131-139

Rofik, A. (2018). Peluang Wirausaha Budidaya Anggrek *Dendrobium* hybrid. *Jurnal Abdimas Mahakam*, *2*(1), 1–5. Retrieved from: https://doi.org/10.24903/jam.v2i1.288

Sahebi, M., Hanafi, M. M., & Azizi, P. (2016). Application of silicon in plant tissue culture. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *52*(3), 226–232. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s11627-016-9757-6

Santi, L. P. (2016). Pemanfaatan Bio-Silika untuk Meningkatkan Produktivitas dan Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan pada Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Yang Adaptif Terhadap Perubahan Iklim Menuju Ketahanan Pangan Dan Energi*, *1*, 456–466.

Sasidharan, R., Voesenek, L. A. C. J., & Pierik, R. (2011). Cell wall modifying proteins mediate plant acclimatization to biotic and abiotic stresses. In *Critical Reviews in Plant Sciences* (Vol. 30, Issue 6, pp. 548–562). Taylor & Francis Group . Retrieved from: https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615706

Sivanesan, I., & Park, S. W. (2014). The role of silicon in plant tissue culture. *Frontiers in Plant Science*, *5*(October), 2012–2015. Retrieved from: https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00571

Teixeira da Silva, J. A., Cardoso, J. C., Dobránszki, J., & Zeng, S. (2015). Dendrobium micropropagation: a review. *Plant Cell Reports*, *34*(5), 671–704. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s00299-015-1754-4

Widiastoety, D., Solvia, N., & Soedarjo, M. (2016). Potensi Anggrek Dendrobium dalam Meningkatkan Variasi dan Kualitas Anggrek Bunga Potong. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, *29*(3), 101–106. Retrieved from: https://doi.org/10.21082/jp3.v29n3.2010.p101-106

2. Bukti Riwayat Review dari OJS

2615 / **Swandari et al.** / Nanosilika Sekam Padi Memodifikasi Anatomi Akar dan Meningkatkan Panjang Akar Planlet Anggrek Dendrob **Library**

Workflow **Publication**

Submission **Review** **Copyediting** **Production**

Round 1

Round 1 Status
Submission accepted.

Reviewer's Attachments **Search**

No Files

Revisions **Search** **Upload File**

12922	2615+-+Review_Tantri Swandari.docx	March 6, 2026	Article Text
12923	Hasil+Review+110226.docx	February 14, 2026	Article Text
13131	2615+-+Review_Tantri Swandari.pdf	March 6, 2026	Article Text

Review Discussions **Add discussion**

3. Komentar Reviewer A dan B

AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences
Volume 7, Issue 1, June 2025
Pages:

DOI:
URL: https://e-journal.unper.ac.id/index.php/agroscript

P-ISSN (2685-9505) E-ISSN (2685-9491)

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK NANOSILIKA SEKAM PADI DALAM MEDIA KULTUR JARINGAN TERHADAP PERTUMBUHAN PLANLET ANGGREK *Dendrobium* sp.

EFFECT OF RICE HUSK NANOSILICA IN TISSUE CULTURE MEDIUM ON THE GROWTH OF *Dendrobium* sp. PLANLETS

Kata kunci:
Anggrek
Silika
In vitro
Aklimatisasi
Epidermis

ABSTRAK

Nanosilika berbasis sekam padi berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aditif media kultur jaringan untuk meningkatkan kualitas bibit anggrek *Dendrobium* sp. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis nanosilika padi yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kondisi fisiologis planlet anggrek *Dendrobium* yang ditumbuhkan secara in vitro. Penelitian dilakukan dengan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap ~~(RAL)~~ satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: ~~N0 (~~0 gL^{-1}~~), N1 (~~1 gL^{-1}~~), N2 (~~2 gL^{-1}~~), N3 (~~3 gL^{-1}~~)~~, masing-masing diulang sebanyak 10 kali. Parameter yang diamati meliputi tinggi planlet, jumlah daun dan akar, panjang akar, berat segar, warna daun (L*, a*, dan b*), serta karakter anatomi akar dan daun melalui pengamatan mikroskopis irisan melintang. Data parameter dianalisis menggunakan analisis varian dilanjutkan dengan uji duncan taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan nanosilika memberikan pengaruh terhadap panjang akar dan kualitas warna daun yang ditunjukkan oleh daun yang lebih hijau gelap serta memodifikasi struktur anatomi berupa pembesaran sel epidermis akar dan daun serta pembentukan berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Nanosilika padi pada dosis 2 gL^{-1} mampu meningkatkan kualitas morfologis, fisiologis, dan anatomi planlet anggrek *Dendrobium*, sehingga meningkatkan kesiapan adaptasi tanaman pada fase aklimatisasi dan berpotensi meningkatkan keberhasilan pertumbuhan bibit.

Keywords:
Orchid
Silica
In vitro
Acclimatization
Epidermal cell

ABSTRACT

Rice husk–derived nanosilica has potential as an additive in tissue culture media to improve the quality of *Dendrobium* sp. orchid plantlets. This study aimed to determine the effective dose of rice husk nanosilica on the growth and physiological performance of *Dendrobium* plantlets cultured in vitro. The experiment was conducted by incorporating nanosilica into the tissue culture medium and arranged in a completely randomized design with a single factor, namely nanosilica application, consisting of four treatment levels: N0 (0 g L^{-1}), N1 (1 g L^{-1}), N2 (2 g L^{-1}), and N3 (3 g L^{-1}), with ten replicates per treatment. The observed parameters included plantlet height, number of leaves, number of roots, root length, fresh weight, leaf color parameters (L*, a*, and b*), as well as root and leaf anatomical characteristics assessed through microscopic observation of transverse sections. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test at a 5% significance level. The results showed that nanosilica application significantly increased root length and improved leaf color quality, as indicated by darker and greener leaves. In addition, nanosilica-induced anatomical modifications were evident in the enlargement of epidermal cells in both roots and leaves, as well as in the formation of more compact vascular bundles in roots. Rice husk nanosilica at a dose of 2 g L^{-1} was identified as the most effective treatment, enhancing the morphological, physiological, and anatomical quality of *Dendrobium* plantlets, thereby improving their adaptive capacity during the acclimatization phase and potentially increasing seedling establishment success.

Article history: Received .....; Revised.....; Accepted...

Commented [R1]: Urutkan berdasarkan abjad

Commented [R3]: Disesuaikan dengan perbaikan pada abstrak

Commented [R2]: Urutkan berdasarkan abjad

PENDAHULUAN

Dendrobium merupakan salah satu genus tanaman anggrek yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomis tinggi, keindahan bentuk bunga, keragaman warna, serta daya tahan bunga yang relatif lama setelah mekar. Selain itu, Dendrobium banyak diminati oleh masyarakat karena teknik perawatan yang relatif lebih mudah dibandingkan genus anggrek lainnya. Kelebihan tersebut membuat Dendrobium menjadi komoditas yang populer sebagai anggrek potong dan anggrek pot. Oleh karena itu, pengembangan budidaya Dendrobium memiliki peran strategis untuk meningkatkan nilai ekonomi hortikultura maupun mendukung upaya konservasi plasma nutfah anggrek ~~yang~~ bernilai tinggi (Rofik, 2018; Widiastoety et al., 2016).

Kelebihan anggrek Dendrobium tersebut menyebabkan permintaan pasar terus meningkat namun ketersediaan bibit anggrek unggul dalam jumlah banyak masih terbatas. Oleh karena itu, teknik kultur jaringan atau mikropropagasi menjadi alternatif yang lebih unggul karena mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, serta memerlukan waktu yang lebih cepat (Mulwa & Mwanza, 2006; Teixeira da Silva et al., 2015). Metode ini juga memungkinkan perbanyakan sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim, serta menjadi sarana penting dalam konservasi dan perbaikan varietas unggul (Adawiyah et al., 2024). Namun demikian, pertumbuhan eksplan dalam kultur jaringan seringkali terhambat sehingga diperlukan inovasi dalam formulasi media kultur untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan eksplan. Salah satu inovasi yang potensial adalah penambahan nanosilika sebagai sumber silikon (Si), yang dikenal sebagai unsur benefisial bagi tanaman. Dalam kultur jaringan, penambahan nanosilika telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan memperkuat struktur sel (Dung et al., 2016; Khasanah et al., 2016).

Akumulasi silikon dalam jaringan tanaman juga dapat meningkatkan kualitas fisiologis dan daya adaptasi tanaman setelah diaklimatisasi (Ehirim et al., 2014; Sivanesan & Park, 2014). Tanaman yang memperoleh suplai nanosilika selama fase in vitro cenderung memiliki sistem perakaran yang lebih kuat, efisiensi fotosintesis yang lebih baik, serta ketahanan lebih tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan saat dipindahkan dari kondisi aseptik ke lingkungan alami (Lu et al., 2015; Nikmah et al., 2017). Dengan demikian, penambahan nanosilika pada media kultur diharapkan tidak hanya mempercepat pertumbuhan in vitro, tetapi juga meningkatkan keberhasilan aklimatisasi dan daya adaptasi tanaman Dendrobium. Tuliskan tujuan penelitian pada akhir paragraf ini

Commented [R4]: Bagaimana peningkatan secara kuantitatifnya? Sebaiknya perlu ditampilkan data disertai referensi

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Eksplan yang digunakan berupa PLB (*protocorm like bodies*) anggrek *Dendrobium* sp. yang berumur 1 bulan setelah penaburan biji. Pengamatan pertumbuhan anggrek dilakukan ~~selama dua bulan, yaitu dari~~ pada bulan Februari hingga Maret, sedangkan pengamatan anatomi dilakukan pada bulan April. Bahan yang digunakan antara lain media kultur Murashige dan Skoog (MS), sukrosa, agar sebagai pemadat, nanosilika pasir, akuades, KOH, HCL, dan alkohol 70%. Alat yang digunakan meliputi LAF (*Laminar Air Flow*), botol kultur, gelas ukur, pipet tetes, spatula, pinset, pH stik, autoklaf Hirayama Hiclave HVE-50, timbangan analitik digital ADJ, dan mikroskop Olimpus CX21. Tahap penelitian meliputi:

Sterilisasi eksplan buah anggrek dan penaburan biji anggrek

Buah anggrek *Dendrobium* sp berumur 5-6 bulan dari persilangan sendiri (*selfing*) disterilisasi melalui dua tahap, yaitu di luar dan dalam LAF. Sterilisasi buah anggrek di luar LAF dilakukan dengan mencuci buah menggunakan Tween kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya buah anggrek disemprot dengan alkohol 70% sebelum dipindahkan ke dalam LAF untuk proses sterilisasi kedua. Dalam LAF, buah anggrek terlebih dahulu dicelupkan ke dalam alkohol 70% selama kurang lebih 30 detik, kemudian buah dilewatkan pada api bunsen untuk memastikan permukaan steril, langkah ini diulang 2-3 kali. Setelah sterilisasi, buah dibelah memanjang dengan menggunakan skalpel, dan biji yang diperoleh ditampung dalam cawan petri untuk penaburan. Penaburan biji dilakukan langsung ke dalam media kultur steril yang telah disiapkan sebelumnya. Upayakan penaburan dilakukan merata pada semua permukaan media kultur.

Pembuatan media kultur dengan penambahan nanosilika pasir

Media dasar yang digunakan adalah media Murashige and Skoog (MS) instan dengan beberapa perlakuan penambahan nanosilika, yaitu 0 gL^{-1} (M1N0), 1 gL^{-1} (M1N1), 2 gL^{-1} (M1N2), dan 3 gL^{-1} (M1N3). Tahapan pembuatan media dimulai dengan menimbang 7 g agar sebagai pemadat, 30 g sukrosa sebagai sumber karbon, dan 4,43 g bubuk media MS instan. Selanjutnya disiapkan larutan awal dengan menambahkan 500 mL akuades ke dalam gelas ukur 1000 mL, lalu dimasukkan agar, sukrosa, dan media MS instan. Larutan diaduk hingga homogen, kemudian pH diukur dan disesuaikan pada kisaran 5,6–5,8 menggunakan KOH atau HCl bila diperlukan. Setelah itu, akuades ditambahkan hingga mencapai volume akhir 1000 mL, lalu larutan dipanaskan kembali sampai seluruh komponen terlarut sempurna. Larutan media yang telah homogen dibagi ke dalam empat

Commented [R5]: Apakah ada informasi terkait kandungan SiNPs yang digunakan berapa persen SiO2 nya?

Commented [R6]: HCl

gelas ukur, masing-masing berisi 250 mL. ~~Untuk perlakuan penambahan nanosilika, ditambahkan serbuk nanosilika dengan jumlah yang disesuaikan,~~ yaitu 0 g untuk M1N0, 0,25 g untuk M1N1 (setara dengan 1 gL^{-1}), 0,50 g untuk M1N2 (setara dengan 2 gL^{-1}), dan 0,75 g untuk M1N3 (setara dengan 3 gL^{-1}). Setelah nanosilika ditambahkan, larutan diaduk hingga tercampur merata. Media kemudian dimasukkan ke dalam botol kultur sesuai kebutuhan, ditutup rapat, dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15–20 menit. Media yang telah disterilisasi selanjutnya disimpan pada suhu ruang hingga siap digunakan untuk penanaman eksplan.

Subkultur PLB anggrek *Dendrobium* sp. dalam media MS dengan penambahan nanosilika pasir.

PLB anggrek *Dendrobium* sp. berumur 4 minggu setelah penaburan biji selanjutkan ditanam dalam media perlakuan (penambahan nanosilika pasir 1gL^{-1}, 2 gL^{-1}, 3 gL^{-1}, dan kontrol tanpa penambahan). Setiap botol ditanam sebanyak 3 PLB, kemudian mulut botol dipanaskan pada api bunsen lalu ditutup dengan alumunium foil steril dan dilapisi dengan *plastic wrap*. PLB yang disubkultur diinkubasi pada suhu 25°C dan diterangi dengan lampu LED 24 jam. Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 2 bulan.

Parameter pengamatan.

Pertumbuhan bibit anggrek *Dendrobium* sp. diamati melalui beberapa parameter. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang menggunakan kertas milimeter. Pengukuran dilakukan setiap minggu selama dua bulan untuk memantau laju pertumbuhan. Jumlah daun dan akar dicatat dengan cara menghitung organ yang muncul pada setiap bibit dengan interval waktu yang sama. Panjang akar diamati pada minggu ke-8 setelah tanam dengan mengukur akar terpanjang dari pangkal hingga ujung. Berat segar tanaman ditentukan pada minggu ke-8 dengan cara menimbang bibit menggunakan timbangan analitik. Selain pertumbuhan, warna daun juga dianalisis pada minggu ke-8 menggunakan colorimeter. Data warna yang diperoleh dalam format CIE-Lab kemudian diolah dengan aplikasi EasyRGB untuk mendapatkan deskripsi warna daun secara lebih detail. Pada akhir pengamatan dilakukan analisis anatomi akar, batang, dan daun. Jaringan tanaman terlebih dahulu difiksasi menggunakan larutan FAA, kemudian melalui tahap dehidrasi bertingkat dengan etanol, penjernihan, dan embedding dalam parafin. Sampel jaringan dipotong tipis dengan mikrotom, diwarnai menggunakan safranin, lalu dibuat preparat awetan. Preparat yang dihasilkan diamati di bawah mikroskop.

Commented [R7]: Penambahan nanosilika disesuaikan dengan perlakuan,

Commented [R8]: Tuliskan satuannya

Commented [R9]: Tuliskan satuannya (jika ada)

Commented [R10]: Pengamatan anatomi, apa saja yang dijadikan sebagai data?

Rancangan penelitian dan analisis data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: N0 (0 gL^{-1}), N1 (1 gL^{-1}), N2 (2 gL^{-1}), N3 (3 gL^{-1}). Masing-masing diulang sebanyak 10 kali sehingga terdapat 40 satuan percobaan (10 botol kultur). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan aplikasi SPSS pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) maupun perlakuan dengan penambahan nanosilika 1, 2, dan 3 g L^{-1} (MN1-MN3) mengikuti pola pertumbuhan sigmoid yang dicirikan oleh fase awal pertumbuhan lambat kemudian mencapai maksimal lalu mengalami fase perlambatan. Meskipun pola dasarnya serupa namun penambahan nanosilika memunculkan perbedaan kecenderungan pertumbuhan pada setiap parameter vegetatif yang diamati.

Pada parameter tinggi tanaman, perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) menunjukkan kecenderungan penambahan tinggi yang lebih besar dibandingkan perlakuan dengan nanosilika 1, 2, dan 3 gL^{-1} (MN1-MN3). Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanpa penambahan nanosilika, pertumbuhan tanaman cenderung diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika, laju penambahan tinggi relatif lebih terkendali yang mengisyaratkan adanya perubahan pola pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media tumbuh. Fenomena ini menunjukkan bahwa nanosilika tidak secara langsung mendorong pemanjangan batang tetapi lebih berperan dalam mengarahkan pertumbuhan ke pembentukan organ vegetatif lainnya (Dung et al., 2016; Lu et al., 2015).

Penambahan jumlah daun menunjukkan kecenderungan tertinggi pada perlakuan MN2 (2 g L^{-1} nanosilika). Hal ini mengindikasikan bahwa nanosilika 2 gL^{-1} berada pada kisaran dosis yang paling mendukung pembentukan daun. (apa yang menyebabkan aplikasi nanosilika mempengaruhi pertumbuhan jumlah daun?). Peningkatan jumlah daun pada MN2 berpotensi meningkatkan luas bidang fotosintesis dan efisiensi pemanfaatan cahaya, yang merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan (referensi). Pada parameter jumlah akar, perlakuan MN2 dan MN3 menunjukkan kecenderungan penambahan yang lebih besar dibandingkan MN0 dan MN1. Respon ini mengindikasikan bahwa nanosilika pada konsentrasi menengah hingga tinggi lebih efektif dalam merangsang perkembangan sistem perakaran. (jelaskan kenapa SiNPs

Commented [R11]: Apkah nanosilika berperan secara langsung atau tidak langsung dalam mempengaruhi tinggi tanaman?

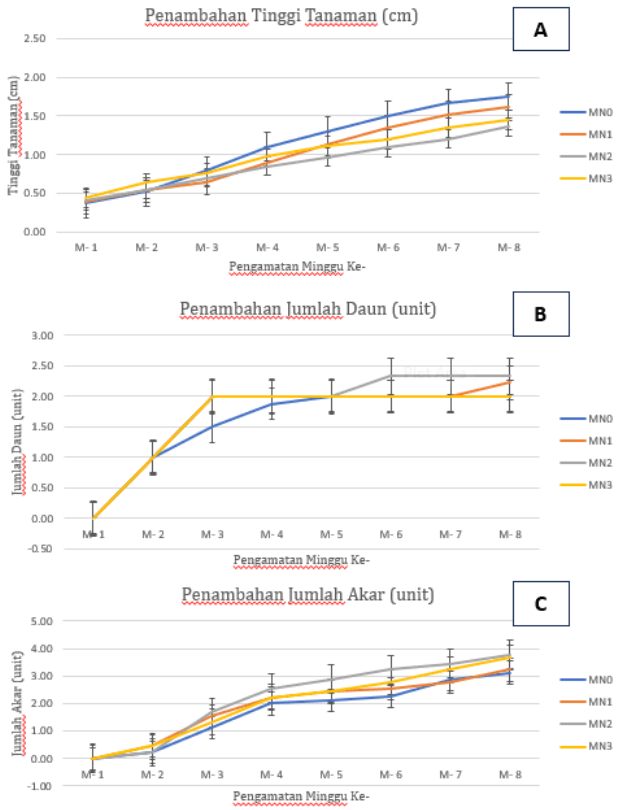
Commented [R12]: Gunakan bahasa yang lebih umum untuk pertanian

Commented [R13]: Dosis atau konsentrasi?

Commented [R14]: Respons

merangsang perkembangan akar?) Peningkatan jumlah akar mencerminkan kemampuan tanaman dalam memperluas daerah serapan air dan hara (referensi). Peningkatan jumlah akar pada fase pertumbuhan menengah hingga akhir sangat penting untuk menopang pertumbuhan tajuk dan menjaga keseimbangan fisiologis tanaman. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan adanya respon dosis nanosilika terhadap pola pertumbuhan tanaman. Perlakuan MN2 tampak sebagai konsentrasi yang paling seimbang dalam mendukung pembentukan daun dan akar, sedangkan pada konsentrasi lebih tinggi (MN3) respon pertumbuhan cenderung lebih diarahkan ke sistem perakaran. Sementara itu, tanpa penambahan nanosilika (MN0), tanaman menunjukkan kecenderungan pertumbuhan memanjang batang yang lebih dominan. Pola ini menegaskan bahwa nanosilika berperan dalam mengarahkan alokasi pertumbuhan antarorgan, bukan sekadar meningkatkan pertumbuhan secara kuantitatif (Khasanah et al., 2016; Santi, 2016, Nikmah et al., 2017).

Commented [R15]: Apa yang menyebabkan ini terjadi? Apakah pembentukan sistem perakaran adalah peran dari SiNPs?



Gambar 1. Laju pertumbuhan planlet anggrek Dendrobium sp. dengan perlakuan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. A. Penambahan tinggi tanaman (cm), B. Penambahan jumlah daun (unit/helai), C. Penambahan jumlah akar (unit).

Tabel 1. Karakter pertumbuhan planlet anggrek *Dendrobium* sp.

Perlakuan	Penambahan				Berat Segar (gram)	Warna Daun		
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (unit)	Jumlah Akar (unit)	Panjang Akar (cm)		L	a	b
MN0	1.75 a	2.00 a	3.12 a	0.51 b	0.19 a	67.08 a	-5.28 a	11.09 b
MN1	1.65 a	2.25 a	3.37 a	0.49 b	0.13 a	61.16 b	-9.57 b	21.59 a
MN2	1.41 a	2.37 a	4.00 a	0.62 ab	0.20 a	60.45 b	-8.75 b	18.95 a
MN3	1.52 a	2.00 a	3.87 a	0.78 a	0.17 a	66.18 ab	-7.71 b	17.2

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 1, penambahan nanosilika pada berbagai konsentrasi (1–3 g L^{-1}) tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap penambahan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar, maupun berat segar planlet anggrek *Dendrobium* sp. Keseragaman huruf pada setiap parameter menunjukkan bahwa pada fase planlet, penambahan nanosilika hingga konsentrasi 3 g L^{-1} belum memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif secara kuantitatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada fase awal pertumbuhan in vitro, respons pertumbuhan planlet masih sangat dipengaruhi oleh media dasar dan suplai karbon eksogen, sehingga efek perlakuan tambahan belum sepenuhnya tercermin dalam peningkatan biomassa (Pikukuh et al., 2015). Meskipun demikian, secara deskriptif terlihat adanya perbedaan kecenderungan respons antarperlakuan. Penambahan tinggi tanaman cenderung lebih besar pada perlakuan MN0 (tanpa nanosilika), yang menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa nanosilika, pertumbuhan planlet lebih diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika (MN1–MN3), pertumbuhan tinggi relatif lebih terkendali, mengindikasikan adanya perubahan pola alokasi pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media kultur.

Respons yang lebih menonjol ditunjukkan pada parameter sistem perakaran. Perlakuan MN3 (3 g L^{-1} nanosilika) menghasilkan panjang akar tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan MN0 dan MN1. Hal ini menunjukkan bahwa nanosilika pada konsentrasi tinggi berpotensi mendorong pemanjangan akar planlet. Peningkatan panjang akar yang tidak diikuti oleh peningkatan jumlah akar secara nyata mengindikasikan bahwa nanosilika lebih berperan dalam proses elongasi akar dibandingkan inisiasi akar baru (referensi). Dalam konteks kultur jaringan, karakter akar yang lebih panjang menjadi aspek penting karena berpotensi

Commented [R16]: g

Commented [R17]: Apa perbedaan dengan data yang disajikan dalam gambar 1? Apakah ini merupakan data tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah akar pada pengamatan terakhir?

Commented [R18]: Warna daun ini apakah maksudnya klorofil a, b, dan total?

Atau singkatan L, a, dan b itu apa? Sebaiknya diberikan keterangan dibawah tabel

Commented [R19]: Penulisan yang tepat Dendrobium sp. atau hanya Dendrobium?

Mohon konsisten dalam penulisan dan cek kembali pada seluruh manuscript ini

Commented [R21]: Sebaiknya dapat menggunakan kata lain

Commented [R20]: Buat menjadi 2 kalimat

meningkatkan kemampuan adaptasi planlet pada tahap aklimatisasi. Selain itu, dapat mendukung keberhasilan pertumbuhan lanjutan di luar kondisi in vitro (referensi).

Berat segar planlet relatif seragam pada seluruh perlakuan, yang menunjukkan bahwa penambahan nanosilika belum berdampak langsung terhadap akumulasi biomassa pada fase planlet. Hal ini wajar mengingat pada sistem kultur in vitro, pertumbuhan planlet masih sangat bergantung pada sumber karbon dari media dan belum sepenuhnya ditentukan oleh aktivitas fotosintesis (referensi). Oleh karena itu, perubahan fisiologis awal yang dipicu oleh nanosilika belum secara langsung tercermin dalam peningkatan bobot segar tanaman (Raynalta & Sukma, 2015; Sivanesan & Park, 2014).

Parameter warna daun (L*, a*, dan b*) menunjukkan respons yang lebih sensitif terhadap perlakuan nanosilika dibandingkan parameter morfologi planlet. Penurunan nilai L* pada perlakuan nanosilika menunjukkan daun tampak lebih gelap, yang mengindikasikan peningkatan kemampuan daun dalam menyerap cahaya dan kemungkinan peningkatan kandungan klorofil. Nilai a* yang semakin negatif mencerminkan intensitas warna hijau daun yang lebih tinggi, menunjukkan dominasi pigmen klorofil sebagai komponen utama fotosintesis. Sementara itu, peningkatan nilai b* mengindikasikan adanya perubahan keseimbangan pigmen ke arah komponen kuning–hijau, yang berkaitan dengan peran pigmen aksesori dalam sistem fotoproteksi. Perubahan parameter warna daun ini mengindikasikan bahwa nanosilika lebih cepat memengaruhi aspek fisiologis dan kualitas jaringan daun, terutama yang berkaitan dengan efisiensi penyerapan cahaya dan stabilitas pigmen fotosintetik, dibandingkan dengan pertumbuhan morfologis yang bersifat kuantitatif (Adrees et al., 2015; Ismail et al., 2022). Peran nanosilika sebagai elemen semi-esensial tercermin dari kemampuannya memperbaiki fungsi dan struktur jaringan daun tanpa secara langsung menginduksi peningkatan ukuran organ, sehingga mendukung peningkatan kesiapan fisiologis planlet selama fase pertumbuhan in vitro.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan nanosilika pada media kultur jaringan anggrek *Dendrobium* sp. belum secara nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan biomassa planlet. Namun, penambahan nanosilika berpengaruh terhadap perkembangan sistem perakaran dan karakter fisiologis daun. Perlakuan MN2 menunjukkan respons yang relatif seimbang antara pertumbuhan vegetatif dan kualitas daun, sedangkan MN3 lebih menonjol dalam mendorong pemanjangan akar. Temuan ini menegaskan bahwa nanosilika berperan sebagai modulator

Commented [R23]: Sebaiknya pada bagian metode dijelaskan terlebih dahulu warna daun L, a, dan b itu seperti apa agar pembaca tidak menafsirkan bahwa itu adalah klorofil a, b, dan total

Commented [R22]: Gunakan kata lainnya

Commented [R24]: Buat menjadi 2 kalimat

Commented [R25]: Buat menjadi 2 kalimat

fisiologis yang berpotensi meningkatkan kesiapan adaptif planlet terhadap cekaman abiotik pada tahap aklimatisasi, dibandingkan sebagai pemacu pertumbuhan vegetatif cepat pada fase in vitro (Currie & Perry, 2007; Alsaeedi et al., 2019).

Hasil pengamatan anatomi akar anggrek *Dendrobium* sp. yang ditumbuhkan pada media kultur jaringan dengan penambahan nanosilika konsentrasi 2 g L^{-1} menunjukkan adanya perubahan struktur jaringan yang bersifat spesifik walaupun hanya diamati secara kualitatif. Perubahan tersebut terutama tampak pada penebalan eksodermis serta karakter berkas pengangkut yang lebih kecil namun tersusun lebih kompak dibandingkan perlakuan tanpa perlakukan nanosilika. Modifikasi anatomi ini mengindikasikan adanya respons fisiologis tanaman terhadap keberadaan nanosilika sebagai agen penguat struktur dan peningkat ketahanan jaringan (referensi).

Penebalan eksodermis (ex) merupakan salah satu respons anatomi yang paling menonjol akibat aplikasi nanosilika. Eksodermis pada akar anggrek berfungsi sebagai lapisan pelindung utama di bawah velamen (ve) yang berperan dalam mengatur lalu lintas air dan ion dari lingkungan menuju jaringan dalam. Peningkatan ketebalan eksodermis mengindikasikan adanya deposisi silika pada dinding sel, yang berpotensi membentuk lapisan penguat berupa kompleks silika–kutikula atau fitolit (referensi). Deposisi ini memperkuat dinding sel secara mekanis sehingga meningkatkan ketahanan akar terhadap penetrasi patogen, khususnya mikroorganisme penyebab busuk akar yang umum menyerang tanaman hasil kultur jaringan. Selain berfungsi sebagai benteng pertahanan mekanis, eksodermis yang menebal juga berperan sebagai penghalang apoplastik yang efektif dalam mengurangi kehilangan air (Sasidharan et al., 2011; Nasution et al., 2020).

Pada fase aklimatisasi maupun kondisi lingkungan mikro yang fluktuatif, kemampuan akar untuk mempertahankan status air menjadi faktor kunci keberhasilan pertumbuhan planlet anggrek. Penebalan eksodermis akibat silika diduga membantu menekan laju difusi air keluar jaringan, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan terhadap cekaman kekeringan relatif (referensi). Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyebutkan bahwa silikon mampu meningkatkan deposisi suberin dan lignin pada eksodermis akar, yang berfungsi memperkuat jaringan sekaligus membatasi pergerakan air dan ion secara tidak terkontrol (Currie & Perry, 2007).

Perubahan anatomi lain yang diamati adalah struktur berkas pengangkut yang tampak lebih kecil namun tersusun lebih rapat dan kompak.

Commented [R26]: Tunjukkan datanya yang mana

misalnya
(Gambar 2a)

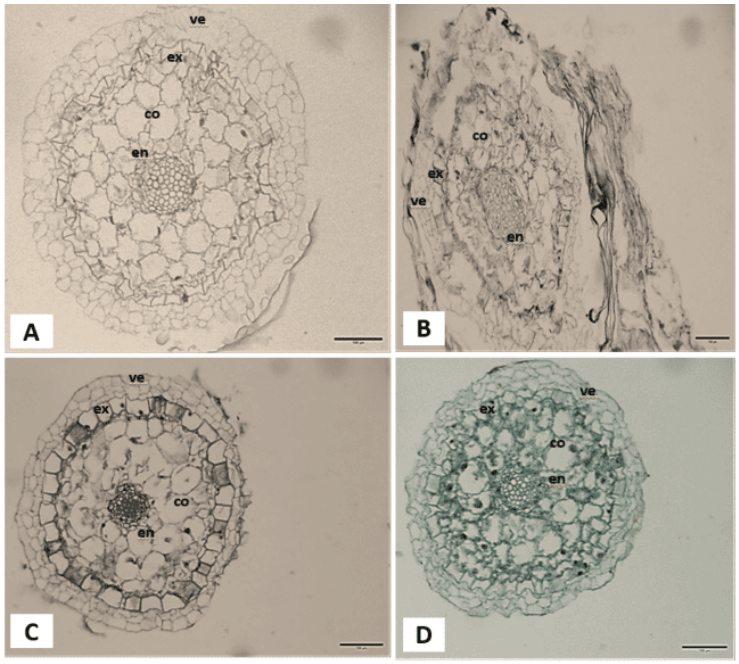
Commented [R28]: Bagaimana dengan xylem? Apakah difusi air keluar hanya dipengaruhi oleh eksodermis saja?

Commented [R27]: Gunakan bahasa lain

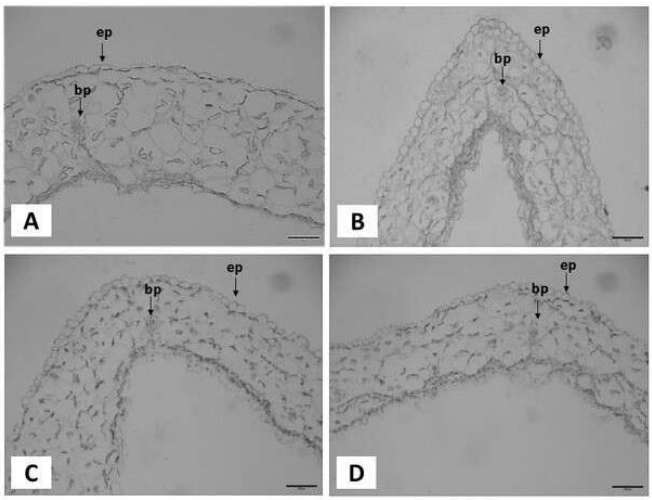
Kondisi ini menunjukkan adanya reorganisasi jaringan vaskular sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan tumbuh in vitro. Berkas pengangkut yang lebih kompak sering dikaitkan dengan peningkatan kerapatan elemen xilem dan floem, yang secara fisiologis dapat meningkatkan efisiensi transportasi air, mineral, dan hasil fotosintesis. Struktur berkas pengangkut yang kompak juga memberikan keuntungan dari sisi stabilitas mekanis (Nikmah et al., 2017; Oliveira & Sajo, 1999).

Berkas pengangkut pada akar yang lebih padat mampu menahan tekanan fisik dari media tanam serta fluktuasi tekanan turgor yang sering terjadi pada sistem kultur jaringan. Dengan demikian, nanosilika tidak hanya berperan dalam memperkuat jaringan perifer akar, tetapi juga memperkokoh jaringan internal yang berperan langsung dalam distribusi sumber daya bagi pertumbuhan tanaman (Sahebi et al., 2016).

Secara keseluruhan, perubahan anatomi akar anggrek akibat penambahan nanosilika 2 g L^{-1} mencerminkan peran silika sebagai elemen semi-esensial yang bersifat protektif dan adaptif. Oleh karena itu, aplikasi nanosilika pada konsentrasi yang tepat berpotensi menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan bibit anggrek sebelum memasuki tahap aklimatisasi dan pertumbuhan lanjutan (Sivanesan & Park, 2014).



Gambar 2. Penampang lintang akar anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 gL^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 gL^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 gL^{-1}). Kode en: endodermis, co: kortek, ex: eksodermis, ve: velamen.



Gambar 3. Penampang lintang daun anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 gL^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 gL^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 gL^{-1}). Kode ep: epidermis, bp: berkas pengangkut.

Pengamatan anatomi daun *Dendrobium* secara in vitro menunjukkan bahwa penambahan nanosilika menyebabkan perubahan nyata pada struktur epidermis daun. Pada perlakuan kontrol, sel epidermis tampak lebih kecil dan tersusun rapat dengan lapisan kutikula yang relatif tipis. Sebaliknya, pemberian nanosilika menghasilkan sel epidermis berukuran lebih besar dengan susunan yang lebih teratur serta lapisan kutikula yang lebih tebal dan jelas (Gambar berapa?). Perubahan ini mengindikasikan adanya modifikasi struktural jaringan epidermis sebagai respons terhadap integrasi silika ke dalam dinding sel daun (Nikmah et al., 2017; Sahebi et al., 2016).

Secara fisiologis, pembesaran sel epidermis dan penebalan kutikula pada daun yang diberi nanosilika berkaitan dengan deposisi silika di bawah lapisan kutikula yang membentuk *silicon–cuticle double layer* (referensi). Struktur ini meningkatkan kekuatan mekanis dan rigiditas daun, sehingga daun cenderung lebih tegak dan mampu mengoptimalkan penangkapan cahaya untuk fotosintesis (referensi). Selain itu, epidermis yang lebih berkembang berperan dalam meningkatkan efisiensi transmisi cahaya menuju jaringan mesofil serta mengurangi

kehilangan air melalui transpirasi, yang sangat penting bagi ketahanan bibit anggrek hasil kultur jaringan pada fase aklimatisasi (Metusala et al., 2017). Dengan demikian, nanosilika berfungsi sebagai elemen semiesensial yang memperkuat struktur pelindung daun.

KESIMPULAN

Pemberian nanosilika pada media kultur jaringan memengaruhi karakter pertumbuhan dan kualitas fisiologis planlet anggrek yang tercermin pada peningkatan panjang akar, perubahan warna daun, serta modifikasi anatomi akar dan daun. Perlakuan nanosilika meningkatkan ukuran sel epidermis akar dan daun serta membentuk berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Perubahan parameter warna daun menunjukkan peningkatan kualitas fisiologis jaringan fotosintetik.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, A., Tridesianti, S., Oktaviani, V., Julita, U., & Supriyatna, A. (2024). Pertumbuhan Kultur Meristem Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dengan Penambahan Kombinasi Benzylaminopurine (BAP) dan Indole Butyric Acid (IBA). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, *6*(2), 164–174. Retrieved from: https://doi.org/10.36423/agroscript.v6i2.2012

Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Qayyum, M. F., & Irshad, M. K. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *119*, 186–197. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011

Alsaeedi, A., El-Ramady, H., Alshaal, T., El-Garawany, M., Elhawat, N., & Al-Otaibi, A. (2019). Silica nanoparticles boost growth and productivity of cucumber under water deficit and salinity stresses by balancing nutrients uptake. *Plant Physiology and Biochemistry*, *139*(December 2018), 1–10. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.008

Currie, H. A., & Perry, C. C. (2007). Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, *100*(7), 1383–1389. Retrieved from: https://doi.org/10.1093/aob/mcm247

Dung, P. D., Ngoc, L. S., Thuy, N. N., Truc, L. T. M., Le, B. Van, Phu, D. Van, Duy, N. N., & Hien, N. Q. (2016). Effect Of Nanosilica From Rice Husk On The Growth Enhancement Of Chilli Plant (*Capsicum frutescens* L .). *Journal of Science and Techmology*, *54*(5), 607–613. Retrieved from: https://doi.org/10.15625/0866-708X/54/5/7034

Ehirim, B. O., Ishaq, M. N., Agboire, S., Solomon, C., Ejizu, A. N., & Diarra, A. (2014). Acclimatization: An Important Stage in Tissue Culture. *Asian American Plant Science Research Journal*, *1*(April), 1–7. Retrieved from: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15272.47369

Ismail, L. M., Ismail, L. M., Soliman, M. I., Soliman, M. H., El-Aziz, M. H. A., El-Aziz, M. H. A., Abdel-Aziz, H. M. M., & Abdel-Aziz, H. M. M. (2022). Impact of Silica Ions and Nano Silica on Growth and Productivity of Pea Plants under Salinity Stress. *Plants*. Retrieved from:https://doi.org/10.3390/plants11040494

Khasanah, I., Prihastanti, E., Hastuti, E. D., & Subagio, A. (2016). Pengaruh Kombinasi Pupuk daun dan Nano silika terhadap Pertumbuhan Anggrek (*Dendrobium* sp.) pada Subkultur secara In Vitro. *Jurnal Biologi*, *5*(3), 15–22.

Commented [R29]: Sebutkan konsentrasi berapa yang paling optimal pada penelitian ini?

Pada akhir kesimpulan perlu ditambah informasi saran apa yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang saat ini sudah diperoleh?

Lu, M. M. D., Silva, D. M. R. De, Peralta, E. K., & Fajardo, A. N. (2015). Effects of Nanosilica Powder from Rice Hull Ash on Seed Germination of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Philippine E-Journal for Applied Reseacrch and Development*, *5*(1997), 11–22.

Metusala, D., Supriatna, J., Nisyawati, & Sopandie, D. (2017). Comparative leaf and root anatomy of two Dendrobium species (Orchidaceae) from different habitat in relation to their potential adaptation to drought. *AIP Conference Proceedings*, *1862*(July). Retrieved from: https://doi.org/10.1063/1.4991222

Mulwa, R. M. S., & Mwanza, L. M. (2006). Biotechnology approaches to developing herbicide tolerance/selectivity in crops. *African Journal of Biotechnology*, *5*(5), 396–404. Retrieved from: https://doi.org/10.4314/ajb.v5i5.

Nasution, L. Z., Hasibuan, M., & Manurung, E. D. (2020). Adaptability of tissue-cultured Dendrobium orchid planlets on planting media and its position during acclimatization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *454*(1). Retrieved from: https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012166

Nikmah, Z. C., Slamet, W., & Kristanto, B. A. (2017). Aplikasi silika dan NAA terhadap pertumbuhan Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* l.) pada tahap aklimatisasi. *Journal of Agro Complex*, *1*(3), 101. Retrieved from: https://doi.org/10.14710/joac.1.3.101-110

Oliveira, V. del C., & Sajo, M. das G. (1999). Root anatomy of nine orchidaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *42*(4). Retrieved from:https://doi.org/10.1590/s1516-89131999000400005

Pikukuh, P., Djajadi, Tyasmoro, S. Y., & Aini, N. (2015). Pengaruh Frekuensi dan Konsentrasi Penyemprotan Pupuk Nano Silika (Si) terhadap Pertumbuhan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, *3*(3), 249–258.

Raynalta, E., & Sukma, D. (2015). Pengaruh Komposisi Media dalam Perbanyakan Protocorm Like Bodies, Pertumbuhan Planlet, dan Aklimatisasi *Phalaenopsis amabilis*. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, *4*(3), 131. Retrieved from: https://doi.org/10.29244/jhi.4.3.131-139

Rofik, A. (2018). Peluang Wirausaha Budidaya Anggrek *Dendrobium* hybrid. *Jurnal Abdimas Mahakam*, *2*(1), 1–5. Retrieved from: https://doi.org/10.24903/jam.v2i1.288

Sahebi, M., Hanafi, M. M., & Azizi, P. (2016). Application of silicon in plant tissue culture. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *52*(3), 226–232. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s11627-016-9757-6

Santi, L. P. (2016). Pemanfaatan Bio-Silika untuk Meningkatkan Produktivitas dan Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan pada Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Yang Adaptif Terhadap Perubahan Iklim Menuju Ketahanan Pangan Dan Energi*, *1*, 456–466.

Sasidharan, R., Voesenek, L. A. C. J., & Pierik, R. (2011). Cell wall modifying proteins mediate plant acclimatization to biotic and abiotic stresses. In *Critical Reviews in Plant Sciences* (Vol. 30, Issue 6, pp. 548–562). Taylor & Francis Group . Retrieved from: https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615706

Sivanesan, I., & Park, S. W. (2014). The role of silicon in plant tissue culture. *Frontiers in Plant Science*, *5*(October), 2012–2015. Retrieved from: https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00571

Teixeira da Silva, J. A., Cardoso, J. C., Dobránszki, J., & Zeng, S. (2015). Dendrobium micropropagation: a review. *Plant Cell Reports*, *34*(5), 671–704. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s00299-015-1754-4

Widiastoety, D., Solvia, N., & Soedarjo, M. (2016). Potensi Anggrek Dendrobium dalam Meningkatkan Variasi dan Kualitas Anggrek Bunga Potong. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, *29*(3), 101–106. Retrieved from: https://doi.org/10.21082/jp3.v29n3.2010.p101-106

HASIL REVIEW

1. Judul:

judul masih menggunakan istilah umum "Pengaruh..", perlu lebih spesifik yg mencerminkan hasil signifikan. Dalam Hasil --> tidak semua parameter signifikan

Saran:

Nanosilika sekam padi memodifikasi bagian akar, daun, dan struktur anatomi .....

2. Abstrak:

Kualitas morfologis dan fisiologis meningkat, tapi data menunjukkan tidak semua parameter berbeda nyata, tekankan saja data yg signifikan

Saran:

-. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh nanosilika sekam padi terhdap respon morfologis, fisiologis dan anatomis plantlet....yg ditumbuh scr in vitro dan menentuksn konsentrasi efektif

-. warna lebih dideskripsikan: warna daun lebih gelap dan hijau.....(kode warna jk ada)

-. Nanosilika scr signifikan meningkatkan panjang akar dan memodifikasi parameter warna daun, sedang parameter lainnya tidak berbeda nyata

-.....berpotensi mendukung keberhasilan aklimatisasi

-. ...menyebabkan perubahan anatomis berupa pembesaran sel epidermis dan berkas pengangkut yg lebih kompak

3. Pendahuluan:

Latar belakang telah disusun sistematis mulai dr nilai penting ekonomi Dendrobium hingga potensi nanosilika, namun research gap perlu diperjelas.

-. masalah spesifik pd kultur in vitro Dendrobium apakah ada?

-. apakah ada keterbatasan media kultur saat ini?

-. apakah ada tantangan kualitas dari plantlet yg dihasilkan?

Saran:

Teknik kultur jaringan mampu menghasilkan jumlah bibit yg banyak dan seragam --> kualitas fisiologis dan struktur anatomisnya belum optimal --> akar dan daun plantlet belum optimal fungsinya --> lapisan

pelindung yg belum optimal--> ketergatungan asupan sumber karbon eksternal --> sehingga rentan stres saat aklimatisasi

Permasalahan: apa yg belum diketahui dan mengapa perlu diteliti

Saran:

-. belum jelas respon morfologis, fisiologis, anatomis .....thdp penambahan nano...pada...

-. berapakah konsentrasi nano....yg paling efektif dalam.....

Research gap:

sudah disebutkan penelitian2 sebelumnya tp belum dijelaskan keterbatasannya.

Belum terlihat komparasi antara studi terdahulu dg studi saat ini

Saran: Penelitian terdahulu melaporkan bahwa nanosilika mampu meningkatkan....., namun sebagian besar masih berfokus pada.....parameter pertumbuhan kuantitatif seperti tinggi dan ..... Kajian yg mengintegrasikan respon morfologsi, fisiologis, anatomis pd anggrek Dendrobium...masih terbatas. Selain itu, informasi mengenai konsetrasi optimal nanosilia.....utk meningkatkan kualitas struktural ....belum banyak dilaporkan.

4. Bahan dan Metode

-. sumber dan karakter nanosilika disebutkan --> bisa dengan menyebutkan informasi teknis (jika tersedia)

.....berasal dari sekam padi apa, ukuran partikel.....

-. tertulis nanosilika pasir vs nanosilika sekam padi

-. botol kultur atau tiap PLB sebagai ulangan?

-. intensitas cahaya utk pemeliharaan bibit

-. penggunaan aplikasi EasyRGB utk apa?

-. ketebalan irisan, jumlah sampel, analisis kuantitatif atau kualitatif?

-. data dianalisis dg analisis ragam ANOVA dan apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dg uji duncan pada aras 5%

5. Hasil dana pembahasan

-. beberapa parameter tdk signifikan.

-. Contoh: Perlakuan A menunjukkan nilai rerata jumlah daun yg lebih tinggi, namun perbedaan tsb tdk significan scr statitika (5%)

-. Beberapa paragraf, terlihat penyajian data dan pembahasan bercampur baur--> struktur ideal: penyajian data hasil tabel ato gambar, lanjut interprestasi dan pembahasan berbasis literatur.

-. ...nanosilika mengarahkan alokasi pertumbuhan antarorgan..... --> apakah ada data pendukung ini? jk tidak ada -- dukungan informasi dari studi literatur.

... Pola ini mengindikasikan kemungkinan adanya....terhadap. alokasi .... meskipun mekanismenya tdk dianalisis scr langsung.

-. Kemungkinan pneingkatan kandunangan klorofil , meskipun konsentrasinya tidak dilakukan pengukuran klorofil scr langsung.

-. nanosilika berpotensi meningkatkan efisiensi fotosintesis melalui modifikasi warna daun (warna yg menunjukkan efesiensi fotosintesis apakah ada? bisa dikaitkan dg keberadaan klorofil?) dan struktur jaringan

-. Scr kualitatif, eksodermis pada perlakuan...tampak lebih tebal dibandingkan....

-. Struktur yg diamati mengindikasikan kemungkinan terbentukanya lapisan silikon kutikula....., sebagaimana dilaporkan oleh..... Meskiipun dlm peneltian ini diposisi silikon tidak dikonfrimasi

-. Perubahan anatomi ini berpotensi mendukung keberhasilakn aklimatiasasi pd tahap selanjutnya

6. Kesimpulan

-. Penambahan nanosilika sekam padi scr signifikan meningkatkan .... dan memodifikasi parameter warna daun dan struktur anatomi....., sdg parameter lainnya .....tidk menunjukkan beda nyata.

-. Konsentrasi 2 g/l menunjukkan respon.....pada parameter apa.....

-. Perubahan morfologis dan anatomis yg dikaji berpotensi mendukung kesiapan plantlet dalam menghadapi fase aklimatiasasi

4. Artikel yang Direvisi

AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences
Volume 7, Issue 1, June 2025
Pages:

P-ISSN (2685-9505) E-ISSN (2685-9491)

DOI:
URL: https://e-journal.unper.ac.id/index.php/agroscript

NANOSILIKA SEKAM PADI MEMODIFIKASI ANATOMI AKAR DAN MENINGKATKAN PANJANG AKAR PLANLET ANGGREK *Dendrobium* sp. *IN VITRO*

RICE HUSK NANOSILICA MODIFIES ANATOMY AND ENHANCES ROOT LENGTH OF IN VITRO-CULTURED *Dendrobium* sp. PLANTLETS.

Kata kunci:
Aklimatisasi
Anggrek
Epidermis
In vitro
Silika

ABSTRAK

Nanosilika berbasis sekam padi berpotensi sebagai bahan aditif media kultur jaringan untuk meningkatkan kualitas bibit anggrek *Dendrobium* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh nanosilika sekam padi terhadap respon morfologis, fisiologis, dan anatomis planlet anggrek *Dendrobium* sp. yang ditumbuhkan secara *in vitro* dan menentukan konsentrasi efektif. Penelitian dilakukan dengan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: 0 g L^{-1}, 1 g L^{-1}, 2 g L^{-1}, 3 g L^{-1} masing-masing diulang sebanyak 10 kali. Parameter yang diamati meliputi tinggi planlet, jumlah daun dan akar, panjang akar, berat segar, warna daun (L*, a*, dan b*), serta karakter anatomi akar dan daun melalui pengamatan mikroskopis irisan melintang. Data parameter dianalisis menggunakan analisis varian dilanjutkan dengan uji duncan taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan nanosilika secara signifikan meningkatkan panjang akar dan warna daun (green group 138B) serta memodifikasi struktur anatomi berupa pembesaran sel epidermis akar dan daun serta pembentukan berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Nanosilika padi pada dosis 2 g L^{-1} mampu meningkatkan kualitas morfologis, fisiologis, dan anatomi planlet anggrek *Dendrobium* sp., sehingga meningkatkan kesiapan adaptasi tanaman pada fase aklimatisasi dan berpotensi meningkatkan keberhasilan pertumbuhan bibit.

Keywords:
Acclimatization
Orchid
Epidermal cell
In vitro
Silica

ABSTRACT

Rice husk–based nanosilica has potential as an additive in tissue culture media to improve the quality of *Dendrobium* sp. orchid plantlets. This study aimed to evaluate the effects of rice husk nanosilica on the morphological, physiological, and anatomical responses of in vitro–cultured *Dendrobium* sp. plantlets and to determine the effective concentration. The experiment was conducted by incorporating nanosilica into the culture medium and arranged in a completely randomized design with a single factor, namely nanosilica application, with four concentration levels: 0 g L^{-1}, 1 g L^{-1}, 2 g L^{-1}, and 3 g L^{-1}, each replicated 10 times. The observed parameters included plantlet height, number of leaves, number of roots, root length, fresh weight, leaf color parameters (L*, a*, and b*), and root and leaf anatomical characteristics assessed through microscopic observation of transverse sections. Data were analyzed using analysis of variance followed by Duncan's multiple range test at a 5% significance level. The results showed that nanosilica treatment significantly increased root length and improved leaf color quality, as indicated by darker green leaves (green group 138B). Anatomical modifications were also observed, including enlargement of epidermal cells in both roots and leaves and the formation of more compact vascular bundles in roots. Rice husk nanosilica at a concentration of 2 g L^{-1} was identified as the most effective treatment, enhancing the morphological, physiological, and anatomical quality of *Dendrobium* sp. plantlets, thereby improving plant readiness for acclimatization and potentially increasing seedling establishment success.

Article history: Received ……; Revised……; Accepted…

PENDAHULUAN

Dendrobium merupakan salah satu genus tanaman anggrek yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomis tinggi, keindahan bentuk bunga, keragaman warna, serta daya tahan bunga yang relatif lama setelah mekar. Selain itu, Dendrobium banyak diminati oleh masyarakat karena teknik perawatan yang relatif lebih mudah dibandingkan genus anggrek lainnya. Kelebihan tersebut membuat Dendrobium menjadi komoditas yang populer sebagai anggrek potong dan anggrek pot. Oleh karena itu, pengembangan budidaya Dendrobium memiliki peran strategis untuk meningkatkan nilai ekonomi hortikultura maupun mendukung upaya konservasi plasma nutfah anggrek bernilai tinggi (Rofik, 2018; Widiastoety et al., 2016).

Permintaan pasar Dendrobium terus meningkat sampai 50% terutama saat pandemi COVID-19 bahkan pada tahun 2022 tercatat nilai penjualan tertinggi yaitu mencapai 1,02 juta tanaman yang senilai Rp 62,95 miliar rupiah (Kementan, 2019; Anggraeni, 2022; Septiani et al., 2024). Namun demikian, ketersediaan bibit anggrek unggul dalam jumlah banyak masih terbatas sehingga belum sepenuhnya mampu memenuhi peningkatan permintaan pasar tersebut. Teknik kultur jaringan atau mikropropagasi menjadi alternatif yang lebih unggul karena mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, serta memerlukan waktu yang lebih cepat (Mulwa & Mwanza, 2006; Teixeira da Silva et al., 2015). Metode ini juga memungkinkan perbanyakan sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim, serta menjadi sarana penting dalam konservasi dan perbaikan varietas unggul (Adawiyah et al., 2024). Namun demikian, pertumbuhan eksplan dalam kultur jaringan seringkali terhambat sehingga diperlukan inovasi dalam formulasi media kultur untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan eksplan. Salah satu inovasi yang potensial adalah penambahan nanosilika sebagai sumber silikon (Si), yang dikenal sebagai unsur benefisial bagi tanaman. Dalam kultur jaringan, penambahan nanosilika telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan memperkuat struktur sel (Dung et al., 2016; Khasanah et al., 2016).

Akumulasi silikon dalam jaringan tanaman juga dapat meningkatkan kualitas fisiologis dan daya adaptasi tanaman setelah diaklimatisasi (Ehirim et al., 2014; Sivanesan & Park, 2014). Tanaman yang memperoleh suplai nanosilika selama fase *in vitro* cenderung memiliki sistem perakaran yang lebih kuat, efisiensi fotosintesis yang lebih baik, serta ketahanan lebih tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan saat dipindahkan dari kondisi aseptik ke lingkungan alami (Lu et al., 2015; Nikmah et al., 2017). Dengan demikian, penambahan nanosilika pada media kultur

diharapkan tidak hanya mempercepat pertumbuhan *in vitro*, tetapi juga meningkatkan keberhasilan aklimatisasi dan daya adaptasi tanaman Dendrobium. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh nanosilika sekam padi terhadap respon morfologis, fisiologis, dan anatomis planlet anggrek *Dendrobium* yang ditumbuhkan secara *in vitro* dan menentukan konsentrasi efektif.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Eksplan yang digunakan berupa PLB (*protocorm like bodies*) anggrek *Dendrobium* sp. yang berumur 1 bulan setelah penaburan biji. Pengamatan pertumbuhan anggrek dilakukan pada bulan Februari hingga Maret, sedangkan pengamatan anatomi dilakukan pada bulan April. Bahan yang digunakan antara lain media dasar Murashige dan Skoog (MS), sukrosa, agar sebagai bahan pemadat media, nanosilika berbasis sekam padi dengan kandungan silika (SiO_2) dominan yaitu sebesar 91,80% (Risfaheri et al., 2026). Bahan pendukung lainnya meliputi akuades, kalium hidroksida (KOH) dan asam klorida (HCl) untuk pengatur pH media, serta alkohol 70% (v/v) untuk sterilisasi. Alat yang digunakan meliputi LAF (*Laminar Air Flow*), botol kultur, gelas ukur, pipet tetes, spatula, pinset, pH stik, autoklaf Hirayama Hiclave HVE-50, timbangan analitik digital ADJ, dan mikroskop Olimpus CX21. Tahap penelitian meliputi:

Sterilisasi eksplan buah anggrek dan penaburan biji anggrek

Buah anggrek *Dendrobium* sp berumur 3 bulan dari persilangan sendiri (*selfing*) disterilisasi melalui dua tahap, yaitu di luar dan dalam LAF. Sterilisasi buah anggrek di luar LAF dilakukan dengan mencuci buah menggunakan Tween kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya buah anggrek disemprot dengan alkohol 70% sebelum dipindahkan ke dalam LAF untuk proses sterilisasi kedua. Dalam LAF, buah anggrek terlebih dahulu dicelupkan ke dalam alkohol 70% selama kurang lebih 30 detik, kemudian buah dilewatkan pada api bunsen untuk memastikan permukaan steril, langkah ini diulang 2-3 kali. Setelah sterilisasi, buah dibelah memanjang dengan menggunakan skalpel, dan biji yang diperoleh ditampung dalam cawan petri untuk penaburan. Penaburan biji dilakukan langsung ke dalam media kultur steril yang telah disiapkan sebelumnya. Upayakan penaburan dilakukan merata pada semua permukaan media kultur.

Pembuatan media kultur dengan penambahan nanosilika pasir

Media dasar yang digunakan adalah media Murashige and Skoog (MS) instan dengan beberapa perlakuan penambahan nanosilika, yaitu 0 g L^{-1} (M1N0), 1 g L^{-1}

(M1N1), 2 g L^{-1} (M1N2), dan 3 g L^{-1} (M1N3). Tahapan pembuatan media dimulai dengan menimbang 7 g agar sebagai pemadat, 30 g sukrosa sebagai sumber karbon, dan 4,43 g bubuk media MS instan. Selanjutnya disiapkan larutan awal dengan menambahkan 500 mL akuades ke dalam gelas ukur 1000 mL, lalu dimasukkan agar, sukrosa, dan media MS instan. Larutan diaduk hingga homogen, kemudian pH diukur dan disesuaikan pada kisaran 5,6–5,8 menggunakan KOH atau HCl bila diperlukan. Setelah itu, akuades ditambahkan hingga mencapai volume akhir 1000 mL, lalu larutan dipanaskan kembali sampai seluruh komponen terlarut sempurna. Larutan media yang telah homogen dibagi ke dalam empat gelas ukur, masing-masing berisi 250 mL. Penambahan nanosilika disesuaikan dengan perlakuan yaitu 0 g untuk M1N0, 0,25 g untuk M1N1 (setara dengan 1 g L^{-1}), 0,50 g untuk M1N2 (setara dengan 2 g L^{-1}), dan 0,75 g untuk M1N3 (setara dengan 3 g L^{-1}). Setelah nanosilika ditambahkan, larutan diaduk hingga tercampur merata. Media kemudian dimasukkan ke dalam botol kultur sesuai kebutuhan, ditutup rapat, dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15–20 menit. Media yang telah disterilisasi selanjutnya disimpan pada suhu ruang hingga siap digunakan untuk penanaman eksplan.

Subkultur PLB anggrek *Dendrobium* sp. dalam media MS dengan penambahan nanosilika pasir.

PLB anggrek *Dendrobium* sp. berumur 4 minggu setelah penaburan biji selanjutkan ditanam dalam media perlakuan (penambahan nanosilika pasir 1g L^{-1}, 2 g L^{-1}, 3 g L^{-1}, dan kontrol tanpa penambahan). Setiap botol ditanam sebanyak 3 PLB, kemudian mulut botol dipanaskan pada api bunsen lalu ditutup dengan alumunium foil steril dan dilapisi dengan *plastic wrap*. PLB yang disubkultur diinkubasi pada suhu 25°C dan diterangi dengan lampu LED 24 jam. Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 2 bulan.

Parameter pengamatan.

Pertumbuhan bibit anggrek *Dendrobium* sp. diamati melalui beberapa parameter. Tinggi tanaman (cm) diukur dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang menggunakan kertas milimeter. Pengukuran dilakukan setiap minggu selama dua bulan untuk memantau laju pertumbuhan. Jumlah daun dan akar (unit) dicatat dengan cara menghitung organ yang muncul pada setiap bibit dengan interval waktu yang sama. Panjang akar (cm) diamati pada minggu ke-8 setelah tanam dengan mengukur akar terpanjang dari pangkal hingga ujung. Berat segar tanaman (gram) ditentukan pada minggu ke-8 dengan cara menimbang bibit menggunakan timbangan analitik.

Selain pertumbuhan, warna daun juga dianalisis pada minggu ke-8 menggunakan colorimeter. Data warna yang diperoleh dalam format CIE-Lab kemudian diolah dengan aplikasi EasyRGB untuk mendapatkan deskripsi warna daun secara lebih detail. Pada akhir pengamatan dilakukan analisis anatomi akar dan daun meliputi lapisan epidermis serta berkas pengangkut. Jaringan tanaman terlebih dahulu difiksasi menggunakan larutan Formalin Asam Asetat Alkohol (FAA), kemudian melalui tahap dehidrasi bertingkat dengan etanol, penjernihan, dan *embedding* dalam parafin. Sampel jaringan dipotong tipis dengan mikrotom, diwarnai menggunakan safranin, lalu dibuat preparat awetan. Preparat yang dihasilkan diamati di bawah mikroskop.

Rancangan penelitian dan analisis data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: N0 (0 g L^{-1}), N1 (1 g L^{-1}), N2 (2 g L^{-1}), N3 (3 g L^{-1}). Masing-masing diulang sebanyak 10 kali sehingga terdapat 40 satuan percobaan (10 botol kultur). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan aplikasi SPSS pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) maupun perlakuan dengan penambahan nanosilika 1, 2, dan 3 g L^{-1} (MN1-MN3) mengikuti pola pertumbuhan sigmoid yang dicirikan oleh fase awal pertumbuhan lambat kemudian mencapai maksimal lalu mengalami fase perlambatan. Meskipun pola dasarnya serupa namun penambahan nanosilika memunculkan perbedaan kecenderungan pertumbuhan pada setiap parameter vegetatif yang diamati.

Pada parameter tinggi tanaman, perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) menunjukkan kecenderungan penambahan tinggi yang lebih besar dibandingkan perlakuan dengan nanosilika 1, 2, dan 3 g L^{-1} (MN1-MN3). Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanpa penambahan nanosilika, pertumbuhan tanaman cenderung diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika, laju penambahan tinggi relatif lebih terkendali yang menunjukkan adanya perubahan pola alokasi pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media. Nanosilika diduga tidak berperan secara langsung dalam memacu pemanjangan batang melainkan secara tidak langsung memengaruhi tinggi tanaman melalui perbaikan struktur jaringan, peningkatan kekokohan sel serta optimalisasi fungsi fisiologis tanaman. Dengan demikian,

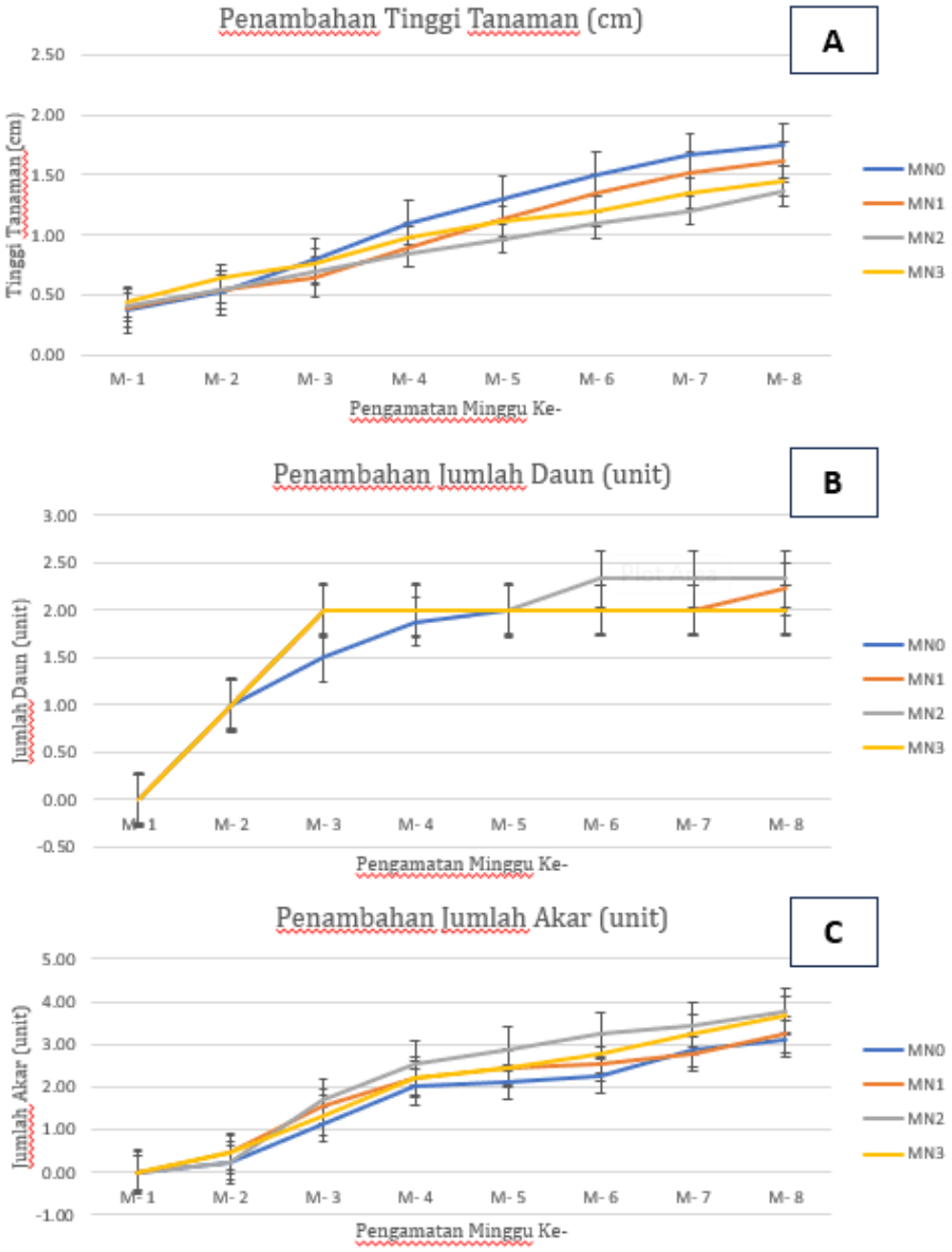
pertumbuhan cenderung dialokasikan pada pembentukan organ vegetatif yang lain seperti akar dan daun dibandingkan pada pemanjangan batang (Dung et al., 2016; Lu et al., 2015).

Penambahan jumlah daun tertinggi pada perlakuan MN2 (2 g L^{-1} nanosilika) menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut berada pada kisaran optimal dalam mendukung pembentukan daun pada planlet *Dendrobium* sp. Peningkatan ini diduga terjadi secara tidak langsung melalui peran silika dalam memperbaiki kondisi fisiologis tanaman, termasuk peningkatan efisiensi penyerapan hara, penguatan struktur jaringan, dan optimalisasi aktivitas meristem pucuk. Kondisi tersebut memungkinkan peningkatan sintesis dan aktivitas hormon sitokinin endogen yang berperan dalam pembelahan sel dan pembentukan primordium daun (Saptiningsih et al., 2025; Wishnu et al., 2024). Pada konsentrasi 2 g L^{-1}, efek stimulatif nanosilika berada pada tingkat yang seimbang sehingga mendukung pembentukan daun secara lebih efektif dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah maupun lebih tinggi. Peningkatan jumlah daun pada MN2 berpotensi meningkatkan luas bidang fotosintesis dan efisiensi pemanfaatan cahaya, yang merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan (Ma & Yamaji, 2006; Dung et al., 2016; Ismail et al., 2022). Pada parameter jumlah akar, perlakuan MN2 dan MN3 menunjukkan kecenderungan penambahan yang lebih besar dibandingkan MN0 dan MN1.

Respons peningkatan jumlah akar pada perlakuan nanosilika khususnya pada konsentrasi menengah hingga tinggi, mengindikasikan bahwa perlakuan nanosilika lebih efektif dalam merangsang perkembangan sistem perakaran jika dibandingkan tanpa perlakuan. Secara fisiologis, nanosilika diduga tidak bekerja sebagai hormon tetapi berperan sebagai modulator yang secara tidak langsung mengoptimalkan sintesis dan distribusi auksin endogen, hormon utama yang mengatur pembelahan dan diferensiasi sel akar (Dung et al., 2016; Phu et al., 2017; Swandari & Faisal, 2023). Perbaikan kondisi metabolik, integritas dinding sel, serta aktivitas meristem akar akibat keberadaan silika menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pembentukan akar lateral dan pemanjangan akar. Peningkatan jumlah akar mencerminkan kemampuan tanaman dalam memperluas daerah serapan air dan hara, yang sangat penting pada fase pertumbuhan menengah hingga akhir untuk menopang pertumbuhan tajuk (Rosmala et al., 2020; Aziza et al., 2022) dan menjaga keseimbangan fisiologis planlet *Dendrobium* sp.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan adanya respons konsentrasi terhadap nanosilika, di mana MN2

merupakan konsentrasi paling seimbang dalam mendukung pembentukan daun dan akar, sedangkan pada konsentrasi lebih tinggi (MN3) alokasi pertumbuhan cenderung lebih diarahkan ke sistem perakaran. Sebaliknya, tanpa nanosilika (MN0), pertumbuhan lebih dominan pada pemanjangan batang. Pola ini menegaskan bahwa nanosilika berperan dalam mengarahkan alokasi pertumbuhan antarorgan, bukan sekadar meningkatkan pertumbuhan secara kuantitatif (Khasanah et al., 2016; Santi, 2016, Nikmah et al., 2017).



Gambar 1. Laju pertumbuhan planlet anggrek *Dendrobium* sp. dengan perlakuan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. A. Penambahan tinggi tanaman (cm), B. Penambahan jumlah daun (unit/helai), C. Penambahan jumlah akar (unit).

Tabel 1. Karakter pertumbuhan planlet anggrek *Dendrobium* sp. pada akhir periode pengamatan.

Perlakuan	Penambahan				Berat Segar (g)	Warna Daun		
	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (unit)	Jumlah Akar (unit)	Panjang Akar (cm)		L	a	b
MN0	1.75 a	2.00 a	3.12 a	0.51 b	0.19 a	67.08 a	-5.28 a	11.09 b
MN1	1.65 a	2.25 a	3.37 a	0.49 b	0.13 a	61.16 b	-9.57 b	21.59 a
MN2	1.41 a	2.37 a	4.00 a	0.62 ab	0.20 a	60.45 b	-8.75 b	18.95 a
MN3	1.52 a	2.00 a	3.87 a	0.78 a	0.17 a	66.18 ab	-7.71 b	17.28 a

Keterangan: Parameter warna daun dinyatakan dalam sistem warna CIELAB, yaitu L* (tingkat kecerahan; 0 = hitam, 100 = putih), a* (koordinat hijau dan merah; nilai negatif menunjukkan intensitas warna hijau), dan b* (koordinat biru dan kuning; nilai positif menunjukkan intensitas warna kuning). Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 1, penambahan nanosilika pada berbagai konsentrasi (1–3 g L^{-1}) tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap penambahan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar, maupun berat segar planlet anggrek *Dendrobium* sp. Keseragaman notasi pada setiap parameter menunjukkan bahwa pada fase planlet, penambahan nanosilika hingga konsentrasi 3 g L^{-1} belum memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif secara kuantitatif.

Hasil ini mengindikasikan bahwa pada fase awal pertumbuhan *in vitro*, perkembangan planlet masih tergantung pada media dasar dan suplai karbon eksogen dari media kultur. Oleh karena itu, pengaruh perlakuan tambahan belum terlihat jelas pada peningkatan parameter pertumbuhan maupun akumulasi biomassa planlet (Pikukuh et al., 2015). Meskipun demikian, secara deskriptif terlihat adanya perbedaan kecenderungan respons antarperlakuan. Penambahan tinggi tanaman cenderung lebih besar pada perlakuan MN0 (tanpa nanosilika), yang menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa nanosilika, pertumbuhan planlet lebih diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika (MN1–MN3), pertumbuhan tinggi relatif lebih terkendali, mengindikasikan adanya perubahan pola alokasi pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media kultur. Hasil ini berbeda dengan penelitian Sibarani et al., (2021) yang melaporkan bahwa terdapat peningkatan tinggi tanaman tembakau yang ditumbuhkan secara *in vitro* dengan penambahan nanosilika pada media kultur. Perbedaan respons tersebut kemungkinan karena perbedaan laju pertumbuhan vegetatifnya.

Respons pertumbuhan yang lebih jelas terlihat pada parameter sistem perakaran. Perlakuan MN3 (3 g L^{-1} nanosilika) menghasilkan panjang akar tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan MN0 dan MN1. Hal ini menunjukkan bahwa nanosilika pada konsentrasi tinggi

berpotensi mendorong pemanjangan akar planlet. Peningkatan panjang akar yang tidak diikuti oleh peningkatan jumlah akar secara nyata mengindikasikan bahwa nanosilika lebih berperan dalam proses elongasi akar dibandingkan inisiasi akar baru (Currie & Perry, 2007; Nikmah et al., 2017). Dalam konteks kultur jaringan, karakter akar yang lebih panjang menjadi aspek penting karena berpotensi meningkatkan kemampuan adaptasi planlet pada tahap aklimatisasi. Selain itu, dapat mendukung keberhasilan pertumbuhan lanjutan di luar kondisi *in vitro* (Lu et al., 2015; Nikmah et al., 2017).

Berat segar planlet relatif seragam pada seluruh perlakuan, yang menunjukkan bahwa penambahan nanosilika belum berdampak langsung terhadap akumulasi biomassa pada fase planlet. Hal ini umum terjadi pada kultur *in vitro* karena pertumbuhan planlet masih sangat bergantung pada sumber karbon dari media dan belum sepenuhnya ditentukan oleh aktivitas fotosintesis (Sahebi et al., 2016). Oleh karena itu, perubahan fisiologis awal yang dipicu oleh nanosilika belum secara langsung tercermin dalam peningkatan bobot segar tanaman (Raynalta & Sukma, 2015; Sivanesan & Park, 2014).

Parameter warna daun (L*, a*, dan b*) menunjukkan respons yang lebih sensitif terhadap perlakuan nanosilika dibandingkan parameter morfologi planlet. Penurunan nilai kecerahan (L*) pada perlakuan nanosilika menunjukkan daun tampak lebih gelap, yang mengindikasikan adanya peningkatan kemampuan daun dalam menyerap cahaya dan kemungkinan peningkatan kandungan klorofil. Nilai koordinat hijau dan merah (a*) yang semakin negatif mencerminkan intensitas warna hijau daun yang lebih tinggi, menunjukkan dominasi pigmen klorofil sebagai komponen utama fotosintesis. Sementara itu, peningkatan nilai koordinat biru dan kuning (b*) mengindikasikan adanya perubahan keseimbangan pigmen ke arah komponen kuning–hijau, yang berkaitan dengan peran pigmen daun.

Perubahan parameter warna daun mengindikasikan bahwa respons terhadap nanosilika lebih cepat terjadi pada aspek fisiologis daun daripada pertumbuhan morfologi yang bersifat kuantitatif. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan peningkatan efisiensi penyerapan cahaya serta stabilitas pigmen fotosintetik pada jaringan daun (Adrees et al., 2015; Ismail et al., 2022). Peran nanosilika sebagai elemen semi-esensial tercermin dari kemampuannya dalam memperbaiki fungsi dan struktur jaringan daun. Meskipun tidak secara langsung meningkatkan ukuran organ, keberadaan nanosilika dapat mendukung peningkatan kesiapan fisiologis planlet selama fase pertumbuhan *in vitro*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan

nanosilika pada media kultur jaringan anggrek *Dendrobium* sp. belum secara nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan biomassa planlet. Namun, penambahan nanosilika berpengaruh terhadap perkembangan sistem perakaran dan karakter fisiologis daun. Perlakuan MN2 menunjukkan respons yang relatif seimbang antara pertumbuhan vegetatif dan kualitas daun, sedangkan MN3 lebih menonjol dalam mendorong pemanjangan akar. Temuan ini menegaskan bahwa nanosilika berperan sebagai modulator fisiologis yang berpotensi meningkatkan kesiapan adaptif planlet terhadap cekaman abiotik pada tahap aklimatisasi, dibandingkan sebagai pemacu pertumbuhan vegetatif cepat pada fase *in vitro* (Currie & Perry, 2007; Alsaeedi et al., 2019).

Hasil pengamatan anatomi akar anggrek *Dendrobium* sp. yang ditumbuhkan pada media kultur jaringan dengan penambahan nanosilika konsentrasi 2 g L^{-1} menunjukkan adanya perubahan struktur jaringan yang bersifat spesifik walaupun hanya diamati secara kualitatif (Gambar 2B). Perubahan tersebut terutama tampak pada penebalan eksodermis serta karakter berkas pengangkut yang lebih kecil namun tersusun lebih kompak dibandingkan perlakuan tanpa perlakukan nanosilika. Modifikasi anatomi ini mengindikasikan adanya respons fisiologis tanaman terhadap keberadaan nanosilika sebagai agen penguat struktur dan peningkat ketahanan jaringan (Lu et al., 2015; Sahebi et al., 2016).

Penebalan eksodermis (ex) merupakan salah satu respons anatomi yang paling terlihat jelas akibat aplikasi nanosilika. Eksodermis pada akar anggrek berfungsi sebagai lapisan pelindung utama di bawah velamen (ve) yang berperan dalam mengatur lalu lintas air dan ion dari lingkungan menuju jaringan dalam. Peningkatan ketebalan eksodermis mengindikasikan adanya deposisi silika pada dinding sel, yang berpotensi membentuk lapisan penguat berupa kompleks silika kutikula atau fitolit (Oliveira & Sajo, 1999; Sivanesan & Park, 2014; Metusala et al., 2017). Deposisi ini memperkuat dinding sel secara mekanis sehingga meningkatkan ketahanan akar terhadap penetrasi patogen, khususnya mikroorganisme penyebab busuk akar yang umum menyerang tanaman hasil kultur jaringan. Selain berfungsi sebagai benteng pertahanan mekanis, eksodermis yang menebal juga berperan sebagai penghalang apoplastik yang efektif dalam mengurangi kehilangan air (Sasidharan et al., 2011; Nasution et al., 2020).

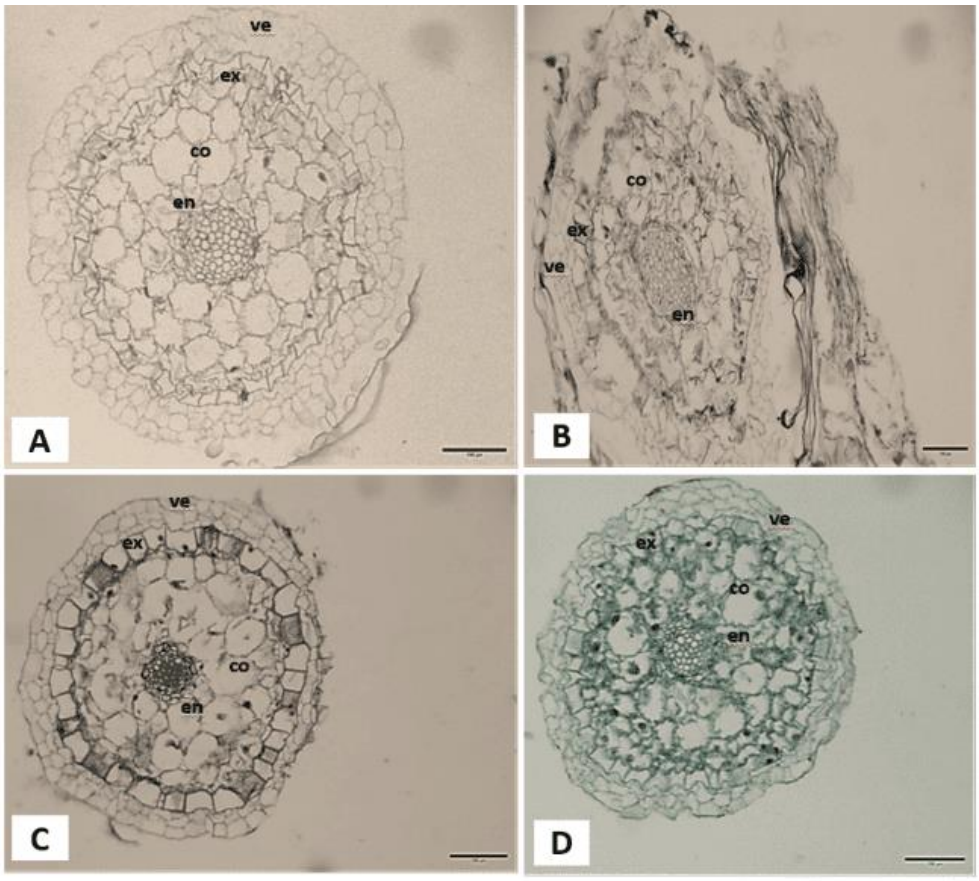
Pada fase aklimatisasi maupun kondisi lingkungan mikro yang fluktuatif, kemampuan akar untuk mempertahankan status air menjadi faktor kunci keberhasilan pertumbuhan planlet anggrek. Penebalan eksodermis akibat keberadaan silika diduga berperan

sebagai penghalang difusi air dari jalur apoplast sehingga dapat mengurangi kehilangan air pada jaringan akar. Meskipun transport air melalui xilem tetap berlangsung, namun keberadaan lapisan eksodermis yang berkembang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan planlet terhadap cekaman kekeringan. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyebutkan bahwa silika mampu meningkatkan deposisi suberin dan lignin pada eksodermis akar, yang berfungsi memperkuat jaringan sekaligus membatasi pergerakan air dan ion secara tidak terkontrol (Currie & Perry, 2007).

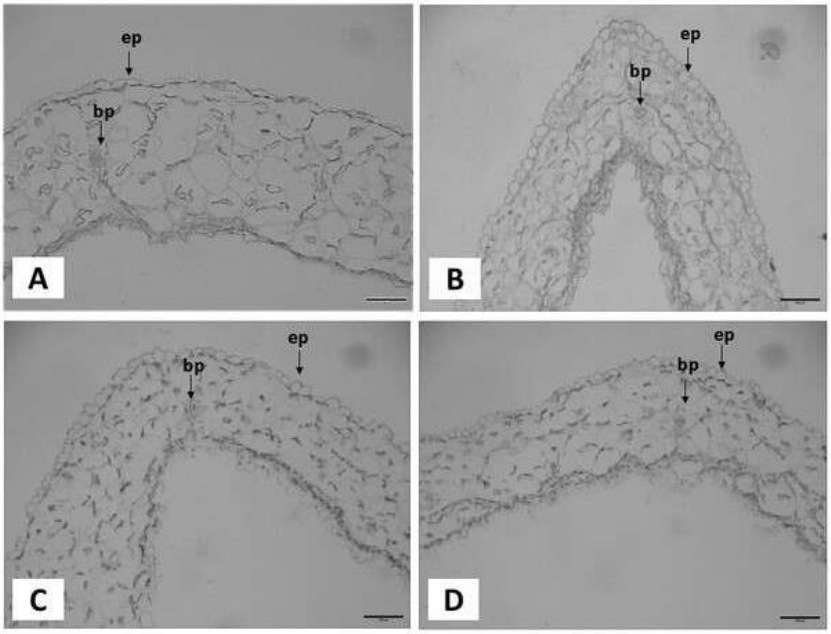
Perubahan anatomi lain yang diamati adalah struktur berkas pengangkut yang tampak lebih kecil namun tersusun lebih rapat dan kompak. Kondisi ini menunjukkan adanya reorganisasi jaringan vaskular sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan tumbuh *in vitro*. Berkas pengangkut yang lebih kompak sering dikaitkan dengan peningkatan kerapatan elemen xilem dan floem, yang secara fisiologis dapat meningkatkan efisiensi transportasi air, mineral, dan hasil fotosintesis. Struktur berkas pengangkut yang kompak juga memberikan keuntungan dari sisi stabilitas mekanis (Nikmah et al., 2017; Oliveira & Sajo, 1999).

Berkas pengangkut pada akar yang lebih padat mampu menahan tekanan fisik dari media tanam serta fluktuasi tekanan turgor yang sering terjadi pada sistem kultur jaringan. Dengan demikian, nanosilika tidak hanya berperan dalam memperkuat jaringan perifer akar, tetapi juga memperkokoh jaringan internal yang berperan langsung dalam distribusi sumber daya bagi pertumbuhan tanaman (Sahebi et al., 2016).

Secara keseluruhan, perubahan anatomi akar anggrek akibat penambahan nanosilika 2 g L^{-1} mencerminkan peran silika sebagai elemen semi-esensial yang bersifat protektif dan adaptif. Oleh karena itu, aplikasi nanosilika pada konsentrasi yang tepat berpotensi menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan bibit anggrek sebelum memasuki tahap aklimatisasi dan pertumbuhan lanjutan (Sivanesan & Park, 2014).



Gambar 2. Penampang lintang akar anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 g L^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 g L^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 g L^{-1}). Kode en: endodermis, co: kortek, ex: eksodermis, ve: velamen.



Gambar 3. Penampang lintang daun anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 g L^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 g L^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 g L^{-1}). Kode ep: epidermis, bp: berkas pengangkut.

Pengamatan anatomi daun *Dendrobium* secara *in vitro* menunjukkan bahwa penambahan nanosilika menyebabkan perubahan nyata pada struktur epidermis daun. Pada perlakuan kontrol, sel epidermis tampak lebih kecil dan tersusun rapat dengan lapisan kutikula yang relatif tipis. Sebaliknya, pemberian nanosilika menghasilkan sel epidermis berukuran lebih besar dengan susunan yang lebih teratur serta lapisan kutikula yang lebih tebal dan jelas (Gambar 3B). Perubahan ini mengindikasikan adanya modifikasi struktural jaringan epidermis sebagai respons terhadap integrasi silika ke dalam dinding sel daun (Nikmah et al., 2017; Sahebi et al., 2016).

Secara fisiologis, pembesaran sel epidermis dan penebalan kutikula pada daun yang diberi nanosilika berkaitan dengan deposisi silika di bawah lapisan kutikula yang membentuk *silicon–cuticle double layer* (Metusala et al., 2017; Sahebi et al., 2016). Struktur ini meningkatkan kekuatan mekanis dan rigiditas daun, sehingga daun cenderung lebih tegak dan mampu mengoptimalkan penangkapan cahaya untuk fotosintesis (Nasution et al., 2020; Nikmah et al., 2017). Selain itu, epidermis yang lebih berkembang berperan dalam meningkatkan efisiensi transmisi cahaya menuju jaringan mesofil serta mengurangi kehilangan air melalui transpirasi, yang sangat penting bagi ketahanan bibit anggrek hasil kultur jaringan pada fase aklimatisasi (Metusala et al., 2017). Dengan demikian, nanosilika berfungsi sebagai elemen semiesensial yang memperkuat struktur pelindung daun.

KESIMPULAN

Konsentrasi nanosilika 2 g L^{-1} menunjukkan respons paling optimal dalam meningkatkan pertumbuhan dan kualitas fisiologis planlet anggrek *Dendrobium* sp. pada media kultur jaringan. Respons terlihat dari peningkatan panjang akar, perubahan parameter warna daun, serta modifikasi struktur anatomi akar dan daun. Perlakuan nanosilika juga meningkatkan ukuran sel epidermis dan membentuk berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Penelitian selanjutnya perlu mengevaluasi pengaruh nanosilika terhadap parameter fisiologis yang lebih spesifik serta keberhasilan aklimatisasi planlet pada kondisi *ex vitro*.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, A., Tridesianti, S., Oktaviani, V., Julita, U., & Supriyatna, A. (2024). Pertumbuhan Kultur Meristem Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dengan Penambahan Kombinasi Benzylaminopurine (BAP) dan Indole Butyric Acid (IBA). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, *6*(2), 164–174. https://doi.org/10.36423/agroscript.v6i2.2012

Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Qayyum, M. F., & Irshad, M. K. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal

toxicity in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *119*, 186–197. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011

Alsaeedi, A., El-Ramady, H., Alshaal, T., El-Garawany, M., Elhawat, N., & Al-Otaibi, A. (2019). Silica nanoparticles boost growth and productivity of cucumber under water deficit and salinity stresses by balancing nutrients uptake. *Plant Physiology and Biochemistry*, *139*(December 2018), 1–10. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.008

Anggraeni, N. (2022). Potential of Indonesian Orchids Amid the Covid-19 Pandemic. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, *8*(2), 639–648.

Aziza, I., Rahayu, Y. S., & Dewi, S. K. (2022). Pengaruh Pupuk Organik Cair dengan Penambahan Silika dan Cekaman Air terhadap Tanaman Kedelai. *Lentera Bio*, *11*(1), 183–191.

Currie, H. A., & Perry, C. C. (2007). Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, *100*(7), 1383–1389. https://doi.org/10.1093/aob/mcm247

Dung, P. D., Ngoc, L. S., Thuy, N. N., Truc, L. T. M., Le, B. Van, Phu, D. Van, Duy, N. N., & Hien, N. Q. (2016). Effect Of Nanosilica From Rice Husk On The Growth Enhancement Of Chilli Plant (*Capsicum frutescens* L .). *Journal of Science and Techmology*, *54*(5), 607–613.https://doi.org/10.15625/0866-708X/54/5/7034

Ehirim, B. O., Ishaq, M. N., Agboire, S., Solomon, C., Ejizu, A. N., & Diarra, A. (2014). Acclimatization: An Important Stage in Tissue Culture. *Asian American Plant Science Research Journal*, *1*(April), 1–7. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15272.47369

Ismail, L. M., Ismail, L. M., Soliman, M. I., Soliman, M. H., El-Aziz, M. H. A., El-Aziz, M. H. A., Abdel-Aziz, H. M. M., & Abdel-Aziz, H. M. M. (2022). Impact of Silica Ions and Nano Silica on Growth and Productivity of Pea Plants under Salinity Stress. *Plants*. https://doi.org/10.3390/plants11040494

Kementan. (2019). *Pasar Ekspor Anggrek Terus Meningkat*. https://hortikultura.pertanian.go.id/pasar-ekspor-anggrek-terus-meningkat/

Khasanah, I., Prihastanti, E., Hastuti, E. D., & Subagio, A. (2016). Pengaruh Kombinasi Pupuk daun dan Nano silika terhadap Pertumbuhan Anggrek (Dendrobium sp.) pada Subkultur secara In Vitro. *Jurnal Biologi*, *5*(3), 15–22.

Lu, M. M. D., Silva, D. M. R. De, Peralta, E. K., & Fajardo, A. N. (2015). Effects of Nanosilica Powder from Rice Hull Ash on Seed Germination of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Philippine E-Journal for Applied Reseacrch and Development*, *5*(1997), 11–22.

Ma, J. F., & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, *11*(8), 392–397.https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007

Metusala, D., Supriatna, J., Nisyawati, & Sopandie, D. (2017). Comparative leaf and root anatomy of two Dendrobium species (Orchidaceae) from different habitat in relation to their potential adaptation to drought. *AIP Conference Proceedings*, *1862*(July). https://doi.org/10.1063/1.4991222

Mulwa, R. M. S., & Mwanza, L. M. (2006). Biotechnology approaches to developing herbicide tolerance selectivity in crops. *African Journal of Biotechnology*, *5*(5), 396–404.https://doi.org/10.4314/ajb.v5i5.

Nasution, L. Z., Hasibuan, M., & Manurung, E. D. (2020). Adaptability of tissue-cultured Dendrobium orchid planlets on planting media and its position during acclimatization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *454*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012166

Nikmah, Z. C., Slamet, W., & Kristanto, B. A. (2017). Aplikasi silika dan NAA terhadap pertumbuhan Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* l.) pada tahap aklimatisasi. *Journal of Agro Complex*, *1*(3), 101. https://doi.org/10.14710/joac.1.3.101-110

Oliveira, V. del C., & Sajo, M. das G. (1999). Root anatomy of nine orchidaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *42*(4). https://doi.org/10.1590/s1516-89131999000400005

Phu, D. Van, Du, B. D., Nghiem, L., Tuan, A., Tam, H. Van, & Quoc, N. (2017). Preparation and Foliar Application of Oligochitosan - Nanosilica on the Enhancement of Soybean Seed Yield. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, *2*(1), 421–428.

Pikukuh, P., Djajadi, Tyasmoro, S. Y., & Aini, N. (2015). Pengaruh Frekuensi dan Konsentrasi Penyemprotan Pupuk Nano Silika (Si) terhadap Pertumbuhan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, *3*(3), 249–258.

Raynalta, E., & Sukma, D. (2015). Pengaruh Komposisi Media dalam Perbanyakan Protocorm Like Bodies, Pertumbuhan Planlet, dan Aklimatisasi *Phalaenopsis amabilis*. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, *4*(3), 131.https://doi.org/10.29244/jhi.4.3.131-139

Risfaheri, Hidayat, T., Yuliani, S., Hoerudin, Wahyuningsih, K., Yulianto, A., Setyawan, N., Winarti, C., & Arif, A. Bin. (2026). Sustainable production of high-purity amorphous silica from rice husk: A comparative study on the impact of fresh and reused hydrochloric acid leaching. *South African Journal of Chemical Engineering*, *56*(February), 100848. https://doi.org/10.1016/j.sajce.2026.100848

Rofik, A. (2018). Peluang Wirausaha Budidaya Anggrek Dendrobium hybrid. *Jurnal Abdimas Mahakam*, *2*(1), 1–5. https://doi.org/10.24903/jam.v2i1.288

Rosmala, A., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., Tasikmalaya, U. P., & Korespondesi, P. (2020). Analisis Pertumbuhan Padi Lokal Aksesi PH 1 Menggunakan Penambahan Pupuk Silika Padat pada Kondisi Salin. *Agroteknika*, *3*(2), 75–84.

Sahebi, M., Hanafi, M. M., & Azizi, P. (2016). Application of silicon in plant tissue culture. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *52*(3), 226–232. https://doi.org/10.1007/s11627-016-9757-6

Santi, L. P. (2016). Pemanfaatan Bio-Silika untuk Meningkatkan Produktivitas dan Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan pada Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Pengembangan Pertanian Berkelanjutan Yang Adaptif Terhadap Perubahan Iklim Menuju Ketahanan Pangan Dan Energi*, *1*, 456–466.

Saptiningsih, E., Putri, M. S., Widodo, S., & Suedy, A. (2025). Peningkatan Pertumbuhan Tajuk dan Nilai Estetika Tanaman Hias Epipremnum aureum pada Aplikasi Sitokinin Sintetik (6-benzylaminopurine). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, *10*.

Sasidharan, R., Voesenek, L. A. C. J., & Pierik, R. (2011). Cell wall modifying proteins mediate plant acclimatization to biotic and abiotic stresses. In *Critical Reviews in Plant Sciences* (Vol. 30, Issue 6, pp. 548–562). Taylor & Francis Group . https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615706

Septiani, K. R., Pamuji, B. A., Prayogi, M., & Mansur. (2024). Analisis Kelayakan Usaha Budidaya Pembibitan Kompot Anggrek Dendrobium Di Usaha Pembibitan Anggrek Dendrobium Estie'S Orchid Kecamatan Limo, Kota Depok, Jawa Barat. *Jurnal Ekonomi Revolusioner*, *7*(7), 119–130.

Sibarani, J. K., Swandari, T., & Setyorini, T. (2021). Respon Pertumbuhan in vtro Kecambah Tembakau (*Nicotiana tabacum*) Varietas Kemloko Terhadap Pemberian Nanosilika Padi dan Pasir. *Lumbung*, *20*(2), 72–78.

Sivanesan, I., & Park, S. W. (2014). The role of silicon in plant tissue culture. *Frontiers in Plant Science*, *5*(October), 2012–2015. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00571

Swandari, T., & Faisal, A. (2023). Pengaruh Auksin, Sitokinin, Giberelin, dan Paklobutrazol terhadap Pertumbuhan Bibit Anggrek *Dendrobium sylvanum* pada Tahap Aklimatisasi. *Agrium*, *26*(1), 83–91.

Teixeira da Silva, J. A., Cardoso, J. C., Dobránszki, J., & Zeng, S. (2015). Dendrobium micropropagation: a review. *Plant Cell Reports*, *34*(5), 671–704. https://doi.org/10.1007/s00299-015-1754-4

Widiastoety, D., Solvia, N., & Soedarjo, M. (2016). Potensi Anggrek Dendrobium dalam Meningkatkan Variasi dan Kualitas Anggrek Bunga Potong. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, *29*(3), 101–106. https://doi.org/10.21082/jp3.v29n3.2010.p101-106

Wishnu, J. S. A., Darmanti, S., & Saptaningsih, E. (2024). Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) var. Suri 4 Dengan Perlakuan Nanosilika. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, *9*(2), 186–192.

5. Email Penjelasan Revisi

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id>

[agroscript] Request for Manuscript Revision

5 pesan

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 14 Februari 2026 pukul 11.56
Kepada: tantri14swandari@instiperjogja.ac.id, kuni@instiperjogja.ac.id, panjilaksanalaras@gmail.com

Dear Tantri Swandari et al.

We have reached a decision regarding your submission to AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences, "Pengaruh Penambahan Serbuk Nanosilika Sekam Padi dalam Media Kultur Jaringan terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek Dendrobium sp.".

Our decision is to: Request a revision. Please also see a file attached in the system.

Please submit the revision files (both full manuscript and anonymized version) along with the answer to reviewers' comment file within 14 days. Please kindly highlight the revised part(s) in the revision files and please check if your manuscript adheres to our journal format.

Thank you very much.

Sincerely yours,

Editorial Team of AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences

2 lampiran

Hasil+Review+110226.docx
10K

2615+-+Review.docx
280K

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 14 Februari 2026 pukul 11.59
Kepada: tantri14swandari@instiperjogja.ac.id, kuni@instiperjogja.ac.id, panjilaksanalaras@gmail.com

AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences has officially been accredited at SINTA 3 based on the Decree of the Ministry of Higher Education, Science, and Technology of the Republic of Indonesia No. 295/C/C3/KPT/2026.

[Kutipan teks disembunyikan]

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id> 25 Februari 2026 pukul 13.21
Kepada: Kuni kuni <kuni@instiperjogja.ac.id>

[Kutipan teks disembunyikan]

--

Tantri Swandari, S.Si., M.Sc.

Biology; Genetic & Plant Breeding
Fakultas Pertanian Stiper (INSTIPER) Yogyakarta.
Jl. Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta.
CP : 081903232277

2 lampiran

Hasil+Review+110226.docx
10K

2615+-+Review.docx
280K

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 1 Maret 2026 pukul 12.05
Kepada: tantri14swandari@instiperjogja.ac.id, kuni@instiperjogja.ac.id, panjilaksanalaras@gmail.com

Dear Tantri Swandari,

Based on our records, the revision deadline for your manuscript entitled "Pengaruh Penambahan Serbuk Nanosilika Sekam Padi dalam Media Kultur Jaringan terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek Dendrobium sp." has passed and is now overdue by more than 14 days.

We kindly request that you submit the revised version within the next 7 days. If we do not receive the revision or any confirmation within this period, the manuscript will be handled in accordance with the journal's editorial policy.

We look forward to your prompt response.

Sincerely yours,
Editorial Team of AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences

AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences has officially been accredited at SINTA 3 based on the Decree of the Ministry of Higher Education, Science, and Technology of the Republic of Indonesia No. 295/C/C3/KPT/2026.

[Kutipan teks disembunyikan]

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id> 6 Maret 2026 pukul 05.33
Kepada: Agro Script <agroscript@unper.ac.id>

Yth. Editorial Jurnal Agroscript

Dengan hormat,
Terimakasih atas informasi yang diberikan serta atas kelonggaran waktunya. Baik kami akan segera mengirimkan file revisi manuskrip kami.
Terimakasih
[Kutipan teks disembunyikan]
[Kutipan teks disembunyikan]

6. Konfirmasi Accepted

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id>

Revisi Manuskrip an Tantri Swandari

6 pesan

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id> 6 Maret 2026 pukul 14.43
Kepada: Agro Script <agroscript@unper.ac.id>

Yth editorial Jurnal Agroscript

Dengan hormat,

Melalui email ini, saya menyampaikan bahwa saya telah mengirimkan file revisi naskah sesuai dengan saran dan masukan dari reviewer melalui laman web jurnal. Selain itu, file revisi tersebut juga saya lampirkan kembali pada email ini untuk memudahkan pengecekan.

Saya mengucapkan terima kasih atas bantuan dan perhatian Bapak/Ibu selama proses penelaahan naskah ini.

Hormat saya,

Tantri Swandari

Tantri Swandari, S.Si., M.Sc.

Biology; Genetic & Plant Breeding
Fakultas Pertanian Stiper (INSTIPER) Yogyakarta.
Jl. Nangka II, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta.
CP : 081903232277

2 lampiran

2615+-+Review_Tantri Swandari.pdf
881K

2615+-+Review_Tantri Swandari.docx
313K

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 6 Maret 2026 pukul 16.16
Kepada: Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id>

Nomor : 009/P/AGROSCRIPT-LP2M-UP/3/2026
Lampiran : -
Hal : Biaya penerbitan naskah

Kepada Yth. Penulis
di Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan akan diterbitkannya artikel Bapak/Ibu yang berjudul **Pengaruh Penambahan Serbuk Nanosilika Sekam Padi dalam Media Kultur Jaringan terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek *Dendrobium* sp.**, di AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences Volume 8 Nomor 1 Tahun 2026. Sebagai bagian dari proses manajemen penerbitan artikel, penulis dikenakan biaya penerbitan jurnal sebesar **Rp. 500.000 (lima ratus ribu rupiah)**.

Pembayaran dapat dilakukan melalui metode transfer rekening **BNI a.n. Selvy Isnaeni dengan No. Rek. 733075019.** Konfirmasi pembayaran dapat disampaikan dengan mengirimkan bukti transfer melalui WA ke nomor 082219559670 atau melalui email agroscript@unper.ac.id.

Atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.
[Kutipan teks disembunyikan]

008-009. LoA dan INVOICE Tantri Swandari.pdf
213K

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 14 Maret 2026 pukul 09.38
Kepada: Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id>

Dear author,

Berikut kami kirimkan artikel yang telah memasuki tahap Copyediting (terlampir). Mohon cek kembali apakah terdapat hal yang perlu diperbaiki atau sudah sesuai. Apabila sudah sesuai maka akan kami lanjutkan untuk penerbitan in press. Terima kasih
[Kutipan teks disembunyikan]

Tantri Swandari CE.docx
1085K

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id> 14 Maret 2026 pukul 09.58
Kepada: Agro Script <agroscript@unper.ac.id>

Dear Editor Jurnal Agroscript
Terimakasih atas kerjasamanya
Setelah kami cek kembali, sudah sesuai. Mohon dapat dibantu untuk proses lebih lanjut. Terimakasih
Hormat saya,
Tantri Swandari

Virus-free.www.avast.com

[Kutipan teks disembunyikan]
--
[Kutipan teks disembunyikan]

Agro Script <agroscript@unper.ac.id> 14 Maret 2026 pukul 11.25
Kepada: Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id>

Berikut kami kirimkan link artikel yang telah diterbitkan: https://e-journal.unper.ac.id/index.php/agroscript/article/view/2615. Artikel tersebut terbit pada Volume 8 Nomor 1 2026.
Kami juga kirimkan hasil pengecekan similarity menggunakan turnitin (terlampir).

Terima kasih telah mempercayai AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences untuk menerbitkan artikel Ibu. Kami tunggu artikel lain pada volume selanjutnya.
[Kutipan teks disembunyikan]

Tantri Swandari 40-55.pdf
1239K

Tantri tantri <tantri14swandari@instiperjogja.ac.id> 15 Maret 2026 pukul 02.38
Kepada: Agro Script <agroscript@unper.ac.id>

Dear editorial Jurnal Agroscript

Terima kasih atas kerja sama dan bantuannya selama proses redaksional manuskrip kami.
Semoga pada lain kesempatan dapat bekerja sama lagi.
Terimakasih
Hormat saya,
Tantri Swandari

Virus-free.www.avast.com

[Kutipan teks disembunyikan]

7. Artikel Publish

AGROSCRIPT Journal of Applied Agricultural Sciences
Volume 8, Issue 1, June 2026
Pages: 40-55

P-ISSN (2685-9505) E-ISSN (2685-9491)

DOI: https://doi.org/10.36423/agroscript.v8i1.2615
URL: https://e-journal.unper.ac.id/index.php/agroscript

NANOSILIKA SEKAM PADI MEMODIFIKASI ANATOMI AKAR DAN MENINGKATKAN PANJANG AKAR PLANLET ANGGREK *Dendrobium* sp. *IN VITRO*

RICE HUSK NANOSILICA MODIFIES ANATOMY AND ENHANCES ROOT LENGTH OF IN VITRO-CULTURED *Dendrobium* sp. PLANTLETS

Tantri Swandari[1]*, Laras Panji Laksana[1], Kuni Faizah[2]

[1)]Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Stiper
[2)]Teknik Pertanian, Fakultas Teknik Pertanian, Institut Pertanian Stiper
Jl. Nangka II, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Corresponding email: tantri14swandari@instiperjogja.ac.id

Kata kunci:
Aklimatisasi
Anggrek
Epidermis
In vitro
Silika

ABSTRAK

Nanosilika berbasis sekam padi berpotensi sebagai bahan aditif media kultur jaringan untuk meningkatkan kualitas bibit anggrek *Dendrobium* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh nanosilika sekam padi terhadap respon morfologis, fisiologis, dan anatomis planlet anggrek *Dendrobium* sp. yang ditumbuhkan secara *in vitro* dan menentukan konsentrasi efektif. Penelitian dilakukan dengan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: 0 g L^{-1}, 1 g L^{-1}, 2 g L^{-1}, 3 g L^{-1} masing-masing diulang sebanyak 10 kali. Parameter yang diamati meliputi tinggi planlet, jumlah daun dan akar, panjang akar, berat segar, warna daun (L*, a*, dan b*), serta karakter anatomi akar dan daun melalui pengamatan mikroskopis irisan melintang. Data parameter dianalisis menggunakan analisis varian dilanjutkan dengan uji duncan taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan nanosilika secara signifikan meningkatkan panjang akar dan warna daun (*green group* 138B) serta memodifikasi struktur anatomi berupa pembesaran sel epidermis akar dan daun serta pembentukan berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Nanosilika padi pada dosis 2 g L^{-1} mampu meningkatkan kualitas morfologis, fisiologis, dan anatomi planlet anggrek *Dendrobium* sp., sehingga meningkatkan kesiapan adaptasi tanaman pada fase aklimatisasi dan berpotensi meningkatkan keberhasilan pertumbuhan bibit.

Keywords:
Acclimatization
Epidermal cell
In vitro
Orchid
Silica

ABSTRACT

Rice husk–based nanosilica has potential as an additive in tissue culture media to improve the quality of *Dendrobium* sp. orchid plantlets. This study aimed to evaluate the effects of rice husk nanosilica on the morphological, physiological, and anatomical responses of in vitro–cultured *Dendrobium* sp. plantlets and to determine the effective concentration. The experiment was conducted by incorporating nanosilica into the culture medium and arranged in a completely randomized design with a single factor, namely nanosilica application, with four concentration levels: 0 g L^{-1}, 1 g L^{-1}, 2 g L^{-1}, and 3 g L^{-1}, each replicated 10 times. The observed parameters included plantlet height, number of leaves, number of roots, root length, fresh weight, leaf color parameters (L*, a*, and b*), and root and leaf anatomical characteristics assessed through microscopic observation of transverse sections. Data were analyzed using analysis of variance followed by Duncan's multiple range test at a 5% significance level. The results showed that nanosilica treatment significantly increased root length and improved leaf color quality, as indicated by darker green leaves (green group 138B). Anatomical modifications were also observed, including enlargement of epidermal cells in both roots and leaves and the formation of more compact vascular bundles in roots. Rice husk nanosilica at a concentration of 2 g L^{-1} was identified as the most effective treatment, enhancing the morphological, physiological, and anatomical quality of *Dendrobium* sp. plantlets, thereby improving plant readiness for acclimatization and potentially increasing seedling establishment success.

PENDAHULUAN

Dendrobium merupakan salah satu genus tanaman anggrek yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomis tinggi, keindahan bentuk bunga, keragaman warna, serta daya tahan bunga yang relatif lama setelah mekar. Selain itu, Dendrobium banyak diminati oleh masyarakat karena teknik perawatan yang relatif lebih mudah dibandingkan genus anggrek lainnya. Kelebihan tersebut membuat Dendrobium menjadi komoditas yang populer sebagai anggrek potong dan anggrek pot. Oleh karena itu, pengembangan budidaya Dendrobium memiliki peran strategis untuk meningkatkan nilai ekonomi hortikultura maupun mendukung upaya konservasi plasma nutfah anggrek bernilai tinggi (Rofik, 2018; Widiastoety *et* al., 2016).

Permintaan pasar Dendrobium terus meningkat sampai 50% terutama saat pandemi COVID-19 bahkan pada tahun 2022 tercatat nilai penjualan tertinggi yaitu mencapai 1,02 juta tanaman yang senilai Rp 62,95 miliar rupiah (Kementerian Pertanian, 2019; Anggraeni, 2022; Septiani *et* al., 2024). Namun, ketersediaan bibit anggrek unggul dalam jumlah banyak masih terbatas sehingga belum sepenuhnya memenuhi peningkatan permintaan pasar. Teknik kultur jaringan atau mikropropagasi menjadi alternatif yang lebih unggul karena mampu menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, serta memerlukan waktu lebih cepat (Mulwa & Mwanza, 2006; Teixeira da Silva *et* al., 2015). Metode ini juga memungkinkan perbanyakan sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim, serta menjadi sarana penting dalam konservasi dan perbaikan varietas unggul (Adawiyah *et* al., 2024). Namun, pertumbuhan eksplan dalam kultur jaringan seringkali terhambat sehingga diperlukan inovasi dalam formulasi media kultur untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan eksplan. Salah satu inovasi yang potensial adalah penambahan nanosilika sebagai sumber silikon (Si) yang dikenal sebagai unsur benefisial bagi tanaman. Dalam kultur jaringan, penambahan nanosilika telah dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan memperkuat struktur sel (Dung *et* al., 2016; Khasanah *et* al., 2016).

Akumulasi Si dalam jaringan tanaman juga dapat meningkatkan kualitas fisiologis dan daya adaptasi tanaman setelah diaklimatisasi (Ehirim *et* al., 2014; Sivanesan & Park, 2014). Tanaman yang memperoleh suplai nanosilika selama fase *in vitro* cenderung memiliki sistem perakaran lebih kuat, fotosintesis yang efisien, serta lebih tahan terhadap perubahan lingkungan saat dipindahkan dari kondisi aseptik ke lingkungan alami (Lu *et* al., 2015; Nikmah *et* al., 2017). Dengan demikian, penambahan nanosilika pada media kultur

diharapkan tidak hanya mempercepat pertumbuhan *in vitro*, tetapi juga meningkatkan keberhasilan aklimatisasi dan daya adaptasi tanaman Dendrobium. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh nanosilika sekam padi terhadap respons morfologis, fisiologis, dan anatomis planlet anggrek *Dendrobium* yang ditumbuhkan secara *in vitro* dan menentukan konsentrasi efektif.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta. Eksplan yang digunakan berupa PLB (*protocorm like bodies*) anggrek *Dendrobium* sp. yang berumur 1 bulan setelah penaburan biji. Pengamatan pertumbuhan anggrek dilakukan pada bulan Februari hingga Maret, sedangkan pengamatan anatomi dilakukan pada bulan April. Bahan yang digunakan antara lain media dasar Murashige dan Skoog (MS), sukrosa, agar sebagai bahan pemadat media, nanosilika berbasis sekam padi dengan kandungan silika (SiO_2) dominan yaitu sebesar 91,80% (Risfaheri *et* al., 2026). Bahan pendukung lainnya meliputi akuades, kalium hidroksida (KOH) dan asam klorida (HCl) untuk pengatur pH media, serta alkohol 70% (v/v) untuk sterilisasi. Alat yang digunakan meliputi LAF (*Laminar Air Flow*), botol kultur, gelas ukur, pipet tetes, spatula, pinset, pH stik, autoklaf Hirayama Hiclave HVE-50, timbangan analitik digital ADJ, dan mikroskop Olimpus CX21. Tahap penelitian meliputi:

Sterilisasi eksplan buah anggrek dan penaburan biji anggrek

Buah anggrek *Dendrobium* sp berumur 3 bulan dari persilangan sendiri (*selfing*) disterilisasi melalui dua tahap, yaitu di luar dan dalam LAF. Sterilisasi buah anggrek di luar LAF dilakukan dengan mencuci buah menggunakan Tween kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya buah anggrek disemprot dengan alkohol 70% sebelum dipindahkan ke dalam LAF untuk proses sterilisasi kedua. Dalam LAF, buah anggrek terlebih dahulu dicelupkan ke dalam alkohol 70% selama kurang lebih 30 detik, kemudian buah dilewatkan pada api bunsen untuk memastikan permukaan steril, langkah ini diulang 2-3 kali. Setelah sterilisasi, buah dibelah memanjang dengan menggunakan skalpel, dan biji yang diperoleh ditampung dalam cawan petri untuk penaburan. Penaburan biji dilakukan langsung ke dalam media kultur steril yang telah disiapkan sebelumnya. Penaburan dilakukan merata pada semua permukaan media kultur.

Pembuatan media kultur dengan penambahan nanosilika pasir

Media dasar yang digunakan adalah media Murashige and Skoog (MS) instan dengan beberapa perlakuan penambahan nanosilika, yaitu 0 g L^{-1} (M1N0), 1 g L^{-1} (M1N1), 2 g L^{-1} (M1N2), dan 3 g L^{-1} (M1N3). Media dibuat dengan menimbang

7 g agar sebagai pemadat, 30 g sukrosa sebagai sumber karbon, dan 4,43 g bubuk media MS instan. Selanjutnya disiapkan larutan awal dengan menambahkan 500 mL akuades ke dalam gelas ukur 1000 mL, kemudian dimasukkan agar, sukrosa, dan media MS instan.

Larutan diaduk hingga homogen, kemudian pH diukur dan disesuaikan pada kisaran 5,6 - 5,8 menggunakan KOH atau HCl. Setelah itu, ditambahkan akuades hingga mencapai volume akhir 1000 mL, kemudian larutan dipanaskan kembali sampai seluruh komponen terlarut sempurna. Larutan media yang telah homogen dibagi ke dalam empat gelas ukur, masing-masing berisi 250 mL. Penambahan nanosilika disesuaikan dengan perlakuan yaitu 0 g untuk M1N0, 0,25 g untuk M1N1 (setara dengan 1 g L^{-1}), 0,50 g untuk M1N2 (setara dengan 2 g L^{-1}), dan 0,75 g untuk M1N3 (setara dengan 3 g L^{-1}). Selanjutnya, larutan diaduk hingga tercampur merata. Media kemudian dimasukkan ke dalam botol kultur sesuai kebutuhan, ditutup rapat, dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15 - 20 menit. Media yang telah disterilisasi disimpan pada suhu ruang hingga siap digunakan untuk penanaman eksplan.

Subkultur PLB anggrek *Dendrobium* sp. dalam media MS dengan penambahan nanosilika pasir.

PLB anggrek *Dendrobium* sp. berumur 4 minggu setelah penaburan biji selanjutkan ditanam dalam media perlakuan (penambahan nanosilika pasir 1g L^{-1}, 2 g L^{-1}, 3 g L^{-1}, dan kontrol tanpa penambahan). Setiap botol ditanam sebanyak 3 PLB, kemudian mulut botol dipanaskan pada api bunsen lalu ditutup dengan alumunium foil steril dan dilapisi dengan *plastic wrap*. PLB yang disubkultur diinkubasi pada suhu 25°C dan diterangi dengan lampu LED 24 jam. Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 2 bulan.

Parameter pengamatan.

Pertumbuhan bibit anggrek *Dendrobium* sp. diamati melalui beberapa parameter. Tinggi tanaman (cm) diukur dari pangkal batang hingga ujung daun terpanjang menggunakan kertas milimeter. Pengukuran dilakukan setiap minggu selama dua bulan untuk memantau laju pertumbuhan. Jumlah daun dan akar (unit) dicatat dengan cara menghitung organ yang muncul pada setiap bibit dengan interval waktu yang sama. Panjang akar (cm) diamati pada minggu ke-8 setelah tanam dengan mengukur akar terpanjang dari pangkal hingga ujung. Berat segar tanaman (g) ditentukan pada minggu ke-8 dengan cara menimbang bibit menggunakan timbangan analitik.

Selain pertumbuhan, warna daun juga dianalisis pada minggu ke-8 menggunakan colorimeter. Data warna yang diperoleh dalam format CIE-Lab kemudian diolah dengan aplikasi EasyRGB untuk mendapatkan deskripsi warna daun secara lebih detail. Pada akhir pengamatan

dilakukan analisis anatomi akar dan daun meliputi lapisan epidermis serta berkas pengangkut. Jaringan tanaman terlebih dahulu difiksasi menggunakan larutan Formalin Asam Asetat Alkohol (FAA), kemudian melalui tahap dehidrasi bertingkat dengan etanol, penjernihan, dan *embedding* dalam parafin. Sampel jaringan dipotong tipis dengan mikrotom, diwarnai menggunakan safranin, lalu dibuat preparat awetan. Preparat yang dihasilkan diamati di bawah mikroskop.

Rancangan penelitian dan analisis data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu pemberian nanosilika yang terdiri atas empat taraf perlakuan: N0 (0 g L^{-1}), N1 (1 g L^{-1}), N2 (2 g L^{-1}), N3 (3 g L^{-1}). Masing-masing diulang sebanyak 10 kali sehingga terdapat 40 satuan percobaan (10 botol kultur). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan aplikasi SPSS pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) maupun perlakuan dengan penambahan nanosilika 1, 2, dan 3 g L^{-1} (MN1-MN3) mengikuti pola pertumbuhan sigmoid yang dicirikan oleh fase awal pertumbuhan lambat kemudian mencapai maksimal lalu mengalami fase perlambatan. Meskipun pola dasarnya serupa namun penambahan nanosilika memunculkan perbedaan kecenderungan pertumbuhan pada setiap parameter vegetatif yang diamati.

Pada parameter tinggi tanaman, perlakuan tanpa penambahan nanosilika (MN0) menunjukkan kecenderungan penambahan tinggi yang lebih besar dibandingkan perlakuan dengan nanosilika 1, 2, dan 3 g L^{-1} (MN1-MN3). Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanpa penambahan nanosilika, pertumbuhan tanaman cenderung diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika, laju penambahan tinggi relatif lebih terkendali yang menunjukkan adanya perubahan pola alokasi pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media. Nanosilika diduga tidak berperan secara langsung dalam memacu pemanjangan batang melainkan secara tidak langsung memengaruhi tinggi tanaman melalui perbaikan struktur jaringan, peningkatan kekokohan sel serta optimalisasi fungsi fisiologis tanaman. Dengan demikian, pertumbuhan cenderung dialokasikan pada pembentukan organ vegetatif yang lain seperti akar dan daun dibandingkan pada pemanjangan batang (Dung *et* al., 2016; Lu *et* al., 2015).

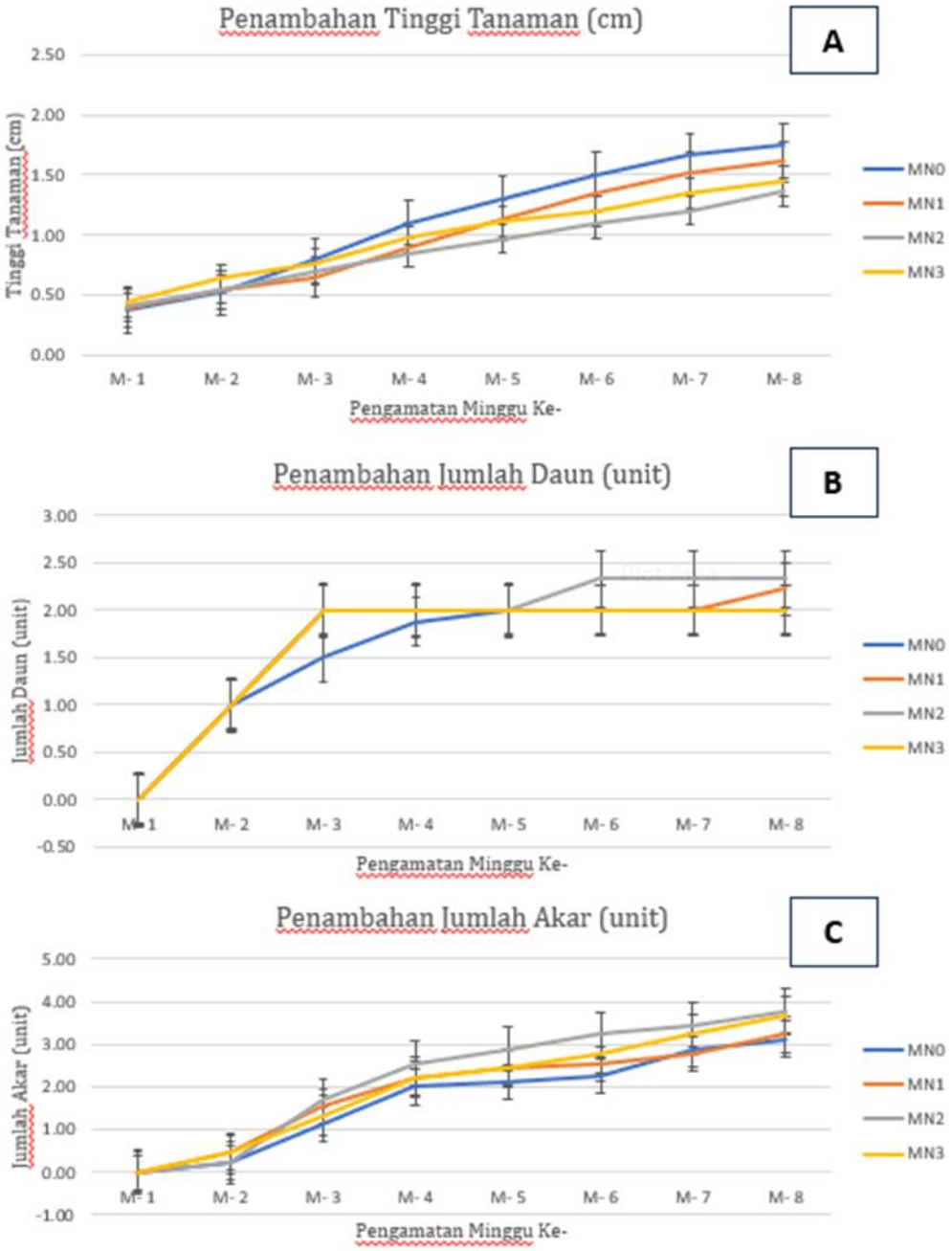
Penambahan jumlah daun tertinggi pada perlakuan MN2 (2 g L^{-1} nanosilika) menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut berada pada kisaran optimal dalam mendukung pembentukan daun pada planlet *Dendrobium* sp. Peningkatan ini

diduga terjadi secara tidak langsung melalui peran silika dalam memperbaiki kondisi fisiologis tanaman, termasuk peningkatan efisiensi penyerapan hara, penguatan struktur jaringan, dan optimalisasi aktivitas meristem pucuk. Kondisi tersebut memungkinkan peningkatan sintesis dan aktivitas hormon sitokinin endogen yang berperan dalam pembelahan sel dan pembentukan primordium daun (Saptiningsih *et* al., 2025; Adhi *et* al., 2024).

Pada konsentrasi 2 g L^{-1}, efek stimulatif nanosilika berada pada tingkat yang seimbang sehingga mendukung pembentukan daun secara lebih efektif dibandingkan konsentrasi yang lebih rendah maupun lebih tinggi. Peningkatan jumlah daun pada MN2 berpotensi meningkatkan luas bidang fotosintesis dan efisiensi pemanfaatan cahaya, yang merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan (Ma & Yamaji, 2006; Dung *et* al., 2016; Ismail *et* al., 2022). Pada parameter jumlah akar, perlakuan MN2 dan MN3 menunjukkan kecenderungan penambahan yang lebih besar dibandingkan MN0 dan MN1.

Respons peningkatan jumlah akar pada perlakuan nanosilika khususnya pada konsentrasi menengah hingga tinggi, mengindikasikan bahwa perlakuan nanosilika lebih efektif dalam merangsang perkembangan sistem perakaran jika dibandingkan tanpa perlakuan. Secara fisiologis, nanosilika diduga tidak bekerja sebagai hormon tetapi berperan sebagai modulator yang secara tidak langsung mengoptimalkan sintesis dan distribusi auksin endogen, hormon utama yang mengatur pembelahan dan diferensiasi sel akar (Dung *et* al., 2016; Phu *et* al., 2017; Swandari & Faisal, 2023). Perbaikan metabolik, integritas dinding sel, serta aktivitas meristem akar akibat keberadaan Si menciptakan lingkungan mengutungkan bagi pembentukan dan pemanjangan akar. Peningkatan jumlah akar mencerminkan kemampuan tanaman dalam memperluas daerah serapan air dan hara yang sangat penting untuk menopang pertumbuhan tajuk (Nasrudin & Rosmala, 2020; Aziza *et* al., 2022) serta menjaga keseimbangan fisiologis planlet *Dendrobium* sp.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan adanya respons konsentrasi terhadap nanosilika. Perlakuan MN2 merupakan konsentrasi paling seimbang dalam mendukung pembentukan daun dan akar, sedangkan konsentrasi lebih tinggi (MN3) alokasi pertumbuhan cenderung untuk pembentukan sistem perakaran. Sebaliknya, tanpa nanosilika (MN0), pertumbuhan lebih dominan pada pemanjangan batang. Pola ini menegaskan bahwa nanosilika berperan dalam alokasi pertumbuhan antarorgan, bukan sekadar meningkatkan pertumbuhan secara kuantitatif (Khasanah *et* al., 2016; Santi, 2016, Nikmah *et* al., 2017).



Gambar 1. Laju pertumbuhan planlet anggrek *Dendrobium* sp. dengan perlakuan penambahan nanosilika pada media kultur jaringan. A. Penambahan tinggi tanaman (cm), B. Penambahan jumlah daun (unit helai^{-1}), C. Penambahan jumlah akar (unit).

Berdasarkan **Tabel 1**, penambahan nanosilika pada berbagai konsentrasi (1–3 g L^{-1}) tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap penambahan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar, maupun berat segar planlet anggrek *Dendrobium* sp. Keseragaman notasi pada setiap parameter menunjukkan bahwa pada fase planlet, penambahan nanosilika hingga konsentrasi 3 g L^{-1} belum memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif secara kuantitatif.

Tabel 1. Karakter pertumbuhan planlet anggrek *Dendrobium* sp. pada akhir periode pengamatan

Perlakuan	Penambahan				Berat segar (g)	Warna daun		
	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun (unit)	Jumlah akar (unit)	Panjang akar (cm)		L	a	b
MN0	1.75 a	2.00 a	3.12 a	0.51 b	0.19 a	67.08 a	-5.28 a	11.09 b
MN1	1.65 a	2.25 a	3.37 a	0.49 b	0.13 a	61.16 b	-9.57 b	21.59 a
MN2	1.41 a	2.37 a	4.00 a	0.62 ab	0.20 a	60.45 b	-8.75 b	18.95 a
MN3	1.52 a	2.00 a	3.87 a	0.78 a	0.17 a	66.18 ab	-7.71 b	17.28 a

Keterangan: Parameter warna daun dinyatakan dalam sistem warna CIELAB, yaitu L* (tingkat kecerahan; 0 = hitam, 100 = putih), a* (koordinat hijau dan merah; nilai negatif menunjukkan intensitas warna hijau), dan b* (koordinat biru dan kuning; nilai positif menunjukkan intensitas warna kuning). Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf signifikansi 5% ($p < 0,05$).

Hasil ini mengindikasikan bahwa pada fase awal pertumbuhan *in vitro*, perkembangan planlet masih tergantung pada media dasar dan suplai karbon eksogen dari media kultur. Oleh karena itu, pengaruh perlakuan tambahan belum terlihat jelas pada peningkatan parameter pertumbuhan maupun akumulasi biomassa planlet (Pikukuh *et* al., 2015). Meskipun demikian, secara deskriptif terlihat adanya perbedaan kecenderungan respons antarperlakuan. Penambahan tinggi tanaman cenderung lebih besar pada perlakuan MN0 (tanpa nanosilika), yang menunjukkan tanpa nanosilika, pertumbuhan planlet lebih diarahkan pada pemanjangan batang. Sebaliknya, pada perlakuan dengan nanosilika (MN1–MN3), pertumbuhan tinggi relatif lebih terkendali, mengindikasikan adanya perubahan pola alokasi pertumbuhan akibat keberadaan nanosilika dalam media kultur. Hasil ini berbeda dengan penelitian Sibarani *et* al., (2021) yaitu terdapat peningkatan tinggi tanaman tembakau yang ditumbuhkan secara *in vitro* dengan penambahan nanosilika pada media kultur. Perbedaan respons tersebut kemungkinan karena perbedaan laju pertumbuhan vegetatifnya.

Respons pertumbuhan yang lebih jelas terlihat pada parameter sistem perakaran. Perlakuan MN3 (3 g L^{-1} nanosilika) menghasilkan akar terpanjang dan berbeda nyata dibandingkan MN0 dan MN1. Hal ini menunjukkan bahwa nanosilika pada konsentrasi tinggi berpotensi mendorong pemanjangan akar planlet. Pemanjangan akar yang tidak diikuti oleh peningkatan jumlah akar secara nyata mengindikasikan bahwa nanosilika lebih berperan dalam proses elongasi akar dibandingkan inisiasi akar baru (Currie & Perry, 2007; Nikmah *et* al., 2017). Dalam konteks kultur jaringan, karakter akar yang lebih panjang menjadi aspek penting karena berpotensi meningkatkan kemampuan adaptasi

planlet pada tahap aklimatisasi. Selain itu, dapat mendukung keberhasilan pertumbuhan lanjutan di luar kondisi *in vitro* (Lu *et* al., 2015; Nikmah *et* al., 2017).

Berat segar planlet relatif seragam pada seluruh perlakuan, yang menunjukkan bahwa penambahan nanosilika belum berdampak langsung terhadap akumulasi biomassa. Hal ini umum terjadi pada kultur *in vitro* karena pertumbuhan planlet masih sangat bergantung pada sumber karbon dari media dan belum sepenuhnya ditentukan oleh aktivitas fotosintesis (Sahebi *et* al., 2016). Oleh karena itu, perubahan fisiologis awal yang dipicu oleh nanosilika belum secara langsung tercermin dalam peningkatan bobot segar tanaman (Raynalta & Sukma, 2015; Sivanesan & Park, 2014).

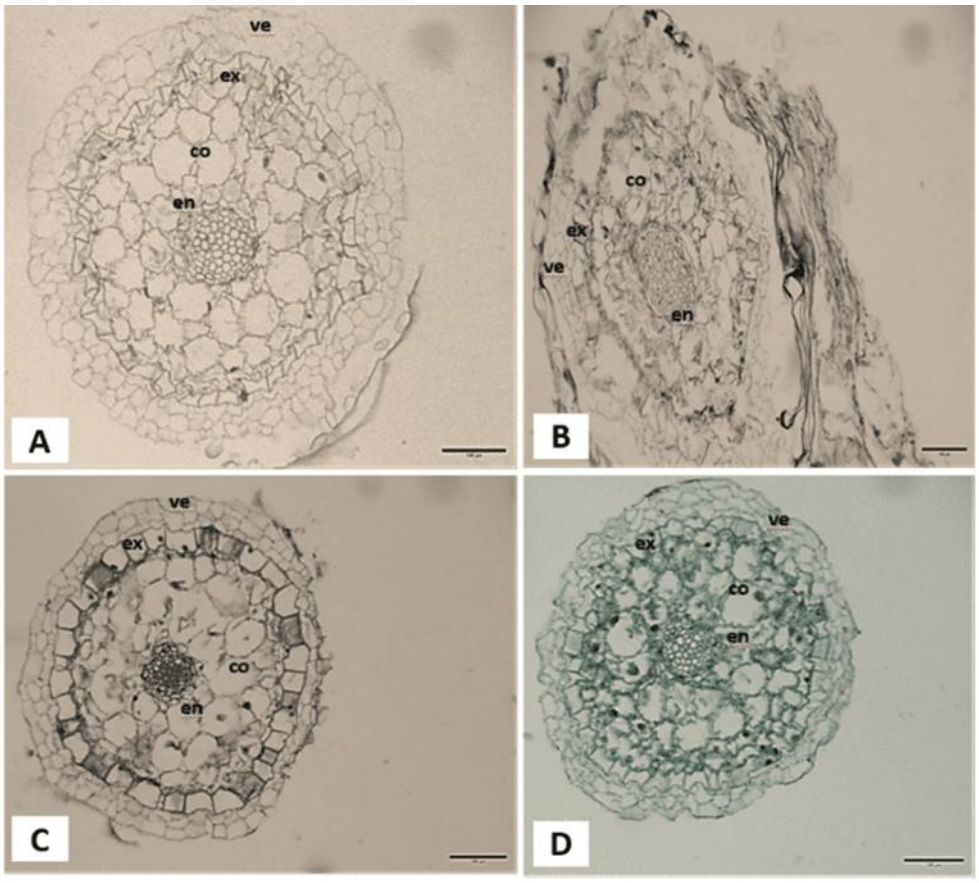
Parameter warna daun (L*, a*, dan b*) menunjukkan respons yang lebih sensitif terhadap perlakuan nanosilika dibandingkan parameter morfologi planlet. Penurunan nilai kecerahan (L*) pada perlakuan nanosilika menunjukkan daun tampak lebih gelap, yang mengindikasikan adanya peningkatan kemampuan daun dalam menyerap cahaya dan kemungkinan peningkatan kandungan klorofil. Nilai koordinat hijau dan merah (a*) yang semakin negatif mencerminkan intensitas warna hijau daun yang lebih tinggi, menunjukkan dominasi pigmen klorofil sebagai komponen utama fotosintesis. Sementara itu, peningkatan nilai koordinat biru dan kuning (b*) mengindikasikan adanya perubahan keseimbangan pigmen ke arah komponen kuning-hijau, yang berkaitan dengan peran pigmen daun.

Perubahan parameter warna daun mengindikasikan bahwa respons terhadap nanosilika lebih cepat terjadi pada aspek fisiologis daun daripada pertumbuhan morfologi yang bersifat kuantitatif. Hal ini berkaitan dengan peningkatan efisiensi penyerapan cahaya serta stabilitas pigmen fotosintetik pada jaringan daun (Adrees *et* al., 2015; Ismail *et* al., 2022). Peran nanosilika sebagai elemen semi-esensial tercermin dari kemampuannya dalam memperbaiki fungsi dan struktur jaringan daun. Meskipun tidak secara langsung meningkatkan ukuran organ, keberadaan nanosilika dapat mendukung peningkatan kesiapan fisiologis planlet selama fase pertumbuhan *in vitro*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan nanosilika pada media kultur jaringan anggrek *Dendrobium* sp. belum secara nyata meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan biomassa planlet. Namun, penambahan nanosilika mempengaruhi perkembangan sistem perakaran dan karakter fisiologis daun. Perlakuan MN2 menunjukkan respons yang relatif seimbang antara pertumbuhan vegetatif dan kualitas daun, sedangkan MN3 mendorong pemanjangan akar. Temuan ini menegaskan bahwa nanosilika

berperan sebagai modulator fisiologis yang berpotensi meningkatkan kesiapan adaptif planlet terhadap cekaman abiotik pada tahap aklimatisasi dibandingkan sebagai pemacu pertumbuhan vegetatif cepat pada fase *in vitro* (Currie & Perry, 2007; Alsaeedi *et* al., 2019).

Hasil pengamatan anatomi akar anggrek *Dendrobium* sp. akibat aplikasi nanosilika konsentrasi 2 g L^{-1} menunjukkan adanya perubahan struktur jaringan yang bersifat spesifik walaupun hanya diamati secara kualitatif (**Gambar 2B**). Perubahan tersebut terutama tampak pada penebalan eksodermis serta karakter berkas pengangkut yang lebih kecil namun tersusun lebih kompak dibandingkan perlakuan tanpa perlakukan nanosilika. Modifikasi anatomi ini mengindikasikan adanya respons fisiologis tanaman terhadap keberadaan nanosilika sebagai agen penguat struktur dan peningkat ketahanan jaringan (Lu *et* al., 2015; Sahebi *et* al., 2016).



Gambar 2. Penampang lintang akar anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 g L^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 g L^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 g L^{-1}). Kode en: endodermis, co: kortek, ex: eksodermis, ve: velamen

Penebalan eksodermis (ex) merupakan salah satu respons anatomi yang paling terlihat jelas akibat aplikasi nanosilika. Eksodermis pada akar anggrek berfungsi sebagai lapisan pelindung utama di bawah velamen (ve) yang berperan dalam mengatur lalu lintas air dan ion dari lingkungan menuju jaringan dalam.

Peningkatan ketebalan eksodermis mengindikasikan adanya deposisi silika pada dinding sel, yang berpotensi membentuk lapisan penguat berupa kompleks silika kutikula atau fitolit (Oliveira & Sajo, 1999; Sivanesan & Park, 2014; Metusala *et* al., 2017). Deposisi ini memperkuat dinding sel secara mekanis sehingga meningkatkan ketahanan akar terhadap penetrasi patogen, khususnya mikroorganisme penyebab busuk akar yang umum menyerang tanaman hasil kultur jaringan. Selain berfungsi sebagai pertahanan mekanis, penebalan eksodermis berperan sebagai penghalang apoplastik yang efektif dalam mengurangi kehilangan air (Sasidharan *et* al., 2011; Nasution *et* al., 2020).

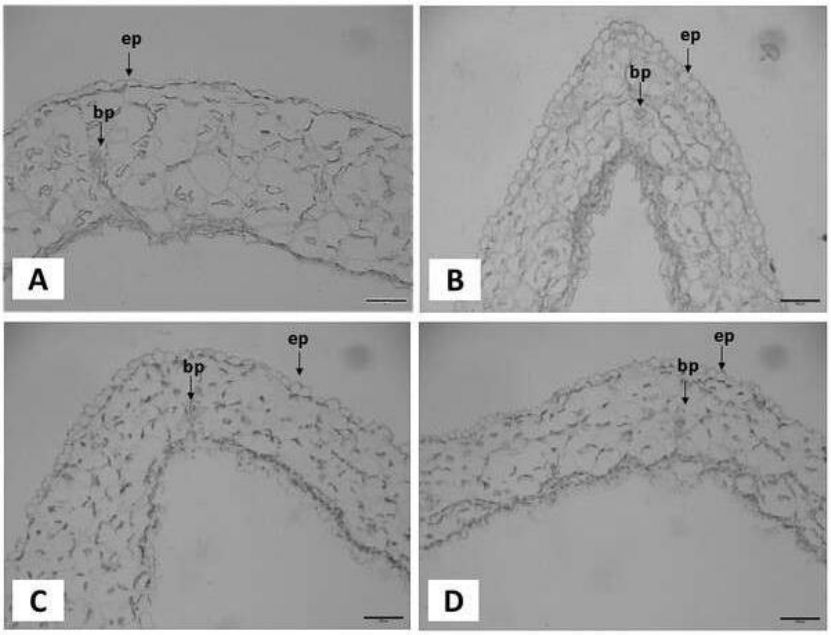
Pada fase aklimatisasi maupun kondisi lingkungan mikro yang fluktuatif, kemampuan akar untuk mempertahankan status air menjadi faktor kunci keberhasilan pertumbuhan planlet anggrek. Penebalan eksodermis akibat keberadaan silika diduga berperan sebagai penghalang difusi air dari jalur apoplast sehingga dapat mengurangi kehilangan air pada jaringan akar. Meskipun transport air melalui xilem tetap berlangsung, namun keberadaan lapisan eksodermis yang berkembang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan planlet terhadap cekaman kekeringan. Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyebutkan bahwa silika mampu meningkatkan deposisi suberin dan lignin pada eksodermis akar. Kondisi tersebut berfungsi memperkuat jaringan sekaligus membatasi pergerakan air dan ion secara tidak terkontrol (Currie & Perry, 2007).

Perubahan anatomi lain yang diamati adalah struktur berkas pengangkut yang tampak lebih kecil namun tersusun lebih rapat dan kompak. Kondisi ini menunjukkan adanya reorganisasi jaringan vaskular sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan tumbuh *in vitro*. Berkas pengangkut yang lebih kompak sering dikaitkan dengan peningkatan kerapatan elemen xilem dan floem. Secara fisiologis kondisi ini dapat meningkatkan efisiensi transportasi air, mineral, dan hasil fotosintesis. Struktur berkas pengangkut yang kompak juga memberikan keuntungan dari sisi stabilitas mekanis (Nikmah *et* al., 2017; Oliveira & Sajo, 1999).

Berkas pengangkut pada akar yang lebih padat mampu menahan tekanan fisik dari media tanam serta fluktuasi tekanan turgor yang sering terjadi pada sistem kultur jaringan. Dengan demikian, nanosilika tidak hanya berperan dalam memperkuat jaringan perifer akar, tetapi juga memperkokoh jaringan internal untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Sahebi *et* al., 2016).

Secara keseluruhan, perubahan anatomi akar anggrek akibat penambahan nanosilika 2 g L^{-1} mencerminkan peran silika sebagai elemen semi-esensial yang

bersifat protektif dan adaptif. Oleh karena itu, aplikasi nanosilika pada konsentrasi yang tepat berpotensi menjadi strategi efektif untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan bibit anggrek sebelum memasuki tahap aklimatisasi dan pertumbuhan lanjutan (Sivanesan & Park, 2014).



Gambar 3. Penampang lintang daun anggrek *Dendrobium* sp. A. MN0 (tanpa penambahan nanosilika), B. MN1 (penambahan nanosilika 1 g L^{-1}), C. MN2 (penambahan nanosilika 2 g L^{-1}), D. MN3 (penambahan nanosilika 3 g L^{-1}). Kode ep: epidermis, bp: berkas pengangkut.

Anatomi daun *Dendrobium* secara *in vitro* akibat penambahan nanosilika menunjukkan perubahan nyata pada struktur epidermis daun. Pada perlakuan kontrol, sel epidermis tampak lebih kecil dan tersusun rapat dengan lapisan kutikula yang relatif tipis. Sebaliknya, pemberian nanosilika menghasilkan sel epidermis berukuran lebih besar dengan susunan yang lebih teratur serta lapisan kutikula yang lebih tebal dan jelas (**Gambar 3B**). Perubahan ini mengindikasikan adanya modifikasi struktural jaringan epidermis sebagai respons terhadap integrasi silika ke dalam dinding sel daun (Nikmah *et* al., 2017; Sahebi *et* al., 2016).

Secara fisiologis, pembesaran sel epidermis dan penebalan kutikula pada daun yang diberi nanosilika berkaitan dengan deposisi silika di bawah lapisan kutikula yang membentuk *silicon–cuticle double layer* (Metusala *et* al., 2017; Sahebi *et* al., 2016). Struktur ini meningkatkan kekuatan mekanis dan rigiditas daun, sehingga daun cenderung lebih tegak dan mampu mengoptimalkan penangkapan cahaya untuk fotosintesis (Nasution *et* al., 2020; Nikmah *et* al., 2017). Selain itu, epidermis yang lebih berkembang dapat meningkatkan efisiensi transmisi cahaya menuju jaringan mesofil serta mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Keadaan ini sangat penting bagi ketahanan

bibit anggrek hasil kultur jaringan pada fase aklimatisasi (Metusala *et* al., 2017). Dengan demikian, nanosilika berfungsi sebagai elemen semiesensial yang memperkuat struktur pelindung daun.

KESIMPULAN

Konsentrasi nanosilika 2 g L^{-1} menunjukkan respons paling optimal dalam meningkatkan pertumbuhan dan kualitas fisiologis planlet anggrek *Dendrobium* sp. pada media kultur jaringan. Respons terlihat dari peningkatan panjang akar, perubahan parameter warna daun, serta modifikasi struktur anatomi akar dan daun. Perlakuan nanosilika juga meningkatkan ukuran sel epidermis dan membentuk berkas pengangkut akar yang lebih kompak. Penelitian selanjutnya perlu mengevaluasi pengaruh nanosilika terhadap parameter fisiologis yang lebih spesifik serta keberhasilan aklimatisasi planlet pada kondisi *ex vitro*.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, A., Tridesianti, S., Oktaviani, V., Julita, U., & Supriyatna, A. (2024). Pertumbuhan kultur meristem porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) dengan penambahan kombinasi *Benzylaminopurine* (BAP) dan *Indole Butyric Acid* (IBA). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, *6*(2), 164–174. Retrieved from: https://doi.org/10.36423/agroscript.v6i2.2012

Adhi, J.W.S., Darmanti, S., & Saptaningsih, E. (2024). Pertumbuhan vegetatif tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) var. Suri 4 dengan perlakuan nanosilika. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, *9*(2), 186–192. Retrieved from: https://doi.org/10.14710/baf.9.2.2024.186-192

Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., Qayyum, M.F., & Irshad, M.K. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *119*, 186–197. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.05.011

Alsaeedi, A., El-Ramady, H., Alshaal, T., El-Garawany, M., Elhawat, N., & Al-Otaibi, A. (2019). Silica nanoparticles boost growth and productivity of cucumber under water deficit and salinity stresses by balancing nutrients uptake. *Plant Physiology and Biochemistry*, *139*, 1–10. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.008

Anggraeni, N. (2022). Potensi anggrek Indonesia di tengah pandemi Covid-19. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, *8*(2), 639–648. Retrieved from: https://doi.org/10.25157/ma.v8i2.7171

Aziza, I., Rahayu, Y.S., & Dewi, S.K. (2022). Pengaruh pupuk organik cair dengan penambahan silika dan cekaman air terhadap tanaman kedelai. *Lentera Bio*, *11*(1), 183–191. Retrieved from: https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n1.p183-191

Currie, H.A., & Perry, C.C. (2007). Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, *100*(7), 1383–1389. Retrieved from: https://doi.org/10.1093/aob/mcm247

Dung, P.D., Ngoc, L.S., Thuy, N.N., Truc, L.T. M., Le, B. Van, Phu, D. Van, Duy, N.N., & Hien, N.Q. (2016). Effect of

nanosilica from rice husk on the growth enhancement of chilli plant (*Capsicum frutescens* L .). *Journal of Science and Techmology*, *54*(5), 607–613. Retrieved from: https://doi.org/10.15625/0866-708X/54/5/7034

Ehirim, B.O., Ishaq, M.N., Agboire, S., Solomon, C., Ejizu, A.N., & Diarra, A. (2014). Acclimatization: an important stage in tissue culture. *Asian American Plant Science Research Journal*, *1*, 1–7. Retrieved from: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15272.47369

Ismail, L.M., Ismail, L.M., Soliman, M.I., Soliman, M.H., El-Aziz, M.H.A., El-Aziz, M.H.A., Abdel-Aziz, H.M.M., & Abdel-Aziz, H.M.M. (2022). Impact of silica ions and nano silica on growth and productivity of pea plants under salinity stress. *Plants, 11*(4), 494. Retrieved from: https://doi.org/10.3390/plants11040494

Kementerian Pertanian. (2019). *Pasar ekspor anggrek terus meningkat*. Retrieved from: https://hortikultura.pertanian.go.id/pasar-ekspor-anggrek-terus-meningkat/

Khasanah, I., Prihastanti, E., Hastuti, E.D., & Subagio, A. (2016). Pengaruh kombinasi pupuk daun dan nano silika terhadap pertumbuhan anggrek (*Dendrobium* sp.) pada subkultur secara *in vitro*. *Jurnal Biologi*, *5*(3), 15–22. Retrieved from: https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19499

Lu, M.M.D., Silva, D.M.R. De, Peralta, E.K., & Fajardo, A.N. (2015). Effects of nanosilica powder from rice hull ash on seed germination of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Philippine E-Journal for Applied Reseacrch and Development*, *5*, 11–22. Retrieved from: http://pejard.slu.edu.ph/vol.5/2015.08.06.pdf

Ma, J.F., & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, *11*(8), 392–397. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007

Metusala, D., Supriatna, J., Nisyawati, & Sopandie, D. (2017). Comparative leaf and root anatomy of two Dendrobium species (Orchidaceae) from different habitat in relation to their potential adaptation to drought. *AIP Conference Proceedings*, *1862*, 030118. Retrieved from: https://doi.org/10.1063/1.4991222

Mulwa, R.M.S., & Mwanza, L.M. (2006). Biotechnology approaches to developing herbicide tolerance selectivity in crops. *African Journal of Biotechnology*, *5*(5), 396–404. Retrieved from: https://doi.org/10.4314/ajb.v5i5

Nasution, L.Z., Hasibuan, M., & Manurung, E.D. (2020). Adaptability of tissue-cultured Dendrobium orchid planlets on planting media and its position during acclimatization process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *454*, 012166. Retrieved from: https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012166

Nikmah, Z.C., Slamet, W., & Kristanto, B.A. (2017). Aplikasi silika dan NAA terhadap pertumbuhan Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* l.) pada tahap aklimatisasi. *Journal of Agro Complex*, *1*(3), 101-110. Retrieved from: https://doi.org/10.14710/joac.1.3.101-110

Oliveira, V. del C., & Sajo, M. das G. (1999). Root anatomy of nine orchidaceae species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *42*(4). Retrieved from: https://doi.org/10.1590/s1516-89131999000400005

Phu, D. Van, Du, B.D., Nghiem, L., Tuan, A., Tam, H. Van, & Quoc, N. (2017). Preparation and foliar application of oligochitosan - nanosilica on the enhancement of soybean seed yield. *International Journal of Environment, Agriculture and*

Biotechnology (IJEAB), *2*(1), 421–428. Retrieved from: https://doi.org/10.22161/ijeab.2.1.53

Pikukuh, P., Djajadi, Tyasmoro, S.Y., & Aini, N. (2015). Pengaruh frekuensi dan konsentrasi penyemprotan pupuk nano silika (Si) terhadap pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, *3*(3), 249–258. Retrieved from: https:.//doi.org/10.21176/protan.v3i3.192

Raynalta, E., & Sukma, D. (2015). Pengaruh komposisi media dalam perbanyakan protocorm like bodies, pertumbuhan planlet, dan aklimatisasi *Phalaenopsis amabilis*. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, *4*(3), 131-139. Retrieved from: https://doi.org/10.29244/jhi.4.3.131-139

Risfaheri, R., Hidayat, T., Yuliani, S., Hoerudin, H., Wahyuningsih, K., Yulianto, A., Setyawan, N., Winarti, C., & Arif, A.B. (2026). Sustainable production of high-purity amorphous silica from rice husk: A comparative study on the impact of fresh and reused hydrochloric acid leaching. *South African Journal of Chemical Engineering*, *56*, 100848. Retrieved from: https://doi.org/10.1016/j.sajce.2026.100848

Rofik, A. (2018). Peluang wirausaha budidaya anggrek Dendrobium hybrid. *Jurnal Abdimas Mahakam*, *2*(1), 1–5. Retrieved from: https://doi.org/10.24903/jam.v2i1.288

Nasrudin, N., & Rosmala, A. (2020). Analisis pertumbuhan padi lokal aksesi PH 1 menggunakan penambahan pupuk silika padat pada kondisi salin. *Agroteknika*, *3*(2), 75–84. Retrieved from: https://doi.org/32530/agroteknika.v3i2.71

Sahebi, M., Hanafi, M.M., & Azizi, P. (2016). Application of silicon in plant tissue culture. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *52*(3), 226–232. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s11627-016-9757-6

Santi, L. P. (2016). Pemanfaatan bio-silika untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan terhadap cekaman kekeringan pada kelapa Sawit. *Seminar Nasional Pengembangan Pertanian Berkelanjutan yang Adaptif Terhadap Perubahan Iklim Menuju Ketahanan Pangan dan Energi*, *1*, 456–466.

Saptiningsih, E., Putri, M.S., Widodo, S., & Suedy, A. (2025). Peningkatan pertumbuhan tajuk dan nilai estetika tanaman hias epipremnum aureum pada aplikasi sitokinin sintetik (6-benzylaminopurine). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, *10*(1), 81-91. Retrieved from: https://doi.org/10.14710/baf.10.1.2025.81-91

Sasidharan, R., Voesenek, L.A.C.J., & Pierik, R. (2011). Cell wall modifying proteins mediate plant acclimatization to biotic and abiotic stresses. *Critical Reviews in Plant Sciences, 30*(6), 548–562. Retrieved from: https://doi.org/10.1080/07352689.2011.615706

Septiani, K.R., Pamuji, B.A., Prayogi, M., & Mansur, M. (2024). Analisis kelayakan usaha budidaya pembibitan kompot anggrek Dendrobium di usaha pembibitan anggrek Dendrobium Estie'S Orchid Kecamatan Limo, Kota Depok, Jawa Barat. *Jurnal Ekonomi Revolusioner*, *7*(7), 119–130. Retrieved from: https://oaj.jurnalhst.com/index.php/jer/article/view/9

Sibarani, J.K., Swandari, T., & Setyorini, T. (2021). Respon pertumbuhan in vtro kecambah tembakau (*Nicotiana tabacum*) varietas Kemloko Terhadap pemberian nanosilika padi dan pasir. *Lumbung*, *20*(2), 72–78. Retrieved from: https://doi.org/10.32530/lumbung.v20i2.239

Sivanesan, I., & Park, S.W. (2014). The role of silicon in plant tissue culture. *Frontiers in Plant Science*, *5*, 2012–

2015. Retrieved from: https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00571

Swandari, T., & Faisal, A. (2023). Pengaruh auksin, sitokinin, giberelin, dan paklobutrazol terhadap pertumbuhan bibit Anggrek *Dendrobium sylvanum* pada tahap aklimatisasi. *Agrium*, *26*(1), 83–91. Retrieved from: https://doi.org/10.30596/agrium.v26i1.14375

Teixeira da Silva, J.A., Cardoso, J.C., Dobránszki, J., & Zeng, S. (2015). Dendrobium micropropagation: a review. *Plant Cell Reports*, *34*(5), 671–704. Retrieved from: https://doi.org/10.1007/s00299-015-1754-4

Widiastoety, D., Solvia, N., & Soedarjo, M. (2016). Potensi anggrek Dendrobium dalam meningkatkan variasi dan kualitas anggrek bunga potong. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, *29*(3), 101–106. Retrieved from: https://doi.org/10.21082/jp3.v29n3.2010.p101-106