



Kultur jaringan tumbuhan dasar sebagai upaya peningkatan pengetahuan dan keterampilan siswa

Ratih Restiani*, Sarah Mega Pratenna Kaban, Astrid Ayu Sekar, Josiah Herald Matheos, Gemma Galgani

Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta, Indonesia

*email Koresponden Penulis: ratih.restiani@staff.ukdw.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel

Diajukan: 2024-04-18

Diterima: 2024-05-31

Diterbitkan: 2024-06-07



Lisensi: cc-by-sa

Copyright © 2024 Penulis

ABSTRAK

Perkembangan IPTEK saat ini berkontribusi dalam meningkatnya implementasi bioteknologi dalam kehidupan manusia. Kultur jaringan tumbuhan merupakan salah satu aplikasi bioteknologi di bidang pertanian. Pengenalan kultur jaringan tumbuhan sejak dini bagi siswa SMA menjadi salah satu upaya mempersiapkan SDM yang terampil. Namun demikian, siswa SMA masih mengalami kesulitan dalam proses pembelajaran bioteknologi terutama pada topik ini. Pembelajaran yang berfokus pada teori dan tidak dilengkapi dengan kegiatan praktikum merupakan penyebab siswa sulit memahami pelajaran tersebut. Kendala ini terutama dialami oleh siswa kelas XII SMA BOPKRI I Yogyakarta. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dasar siswa pada materi kultur jaringan tumbuhan. Metode kegiatan pengabdian adalah participatory Action Research (PAR) yang diberikan dalam bentuk pelatihan. Pelaksanaan pelatihan dibagi menjadi dua sesi yaitu pemaparan materi pengantar, demonstrasi praktikum dan kegiatan praktikum. Acara praktikum meliputi pembuatan media kultur dan sterilisasi serta inokulasi eksplan. Berdasarkan hasil evaluasi, kegiatan pengabdian ini telah berhasil sebesar 100% dalam meningkatkan pengetahuan berdasarkan hasil tanya jawab selama pelatihan serta keterampilan dalam melaksanakan tahapan kultur jaringan tumbuhan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini lebih lanjut dapat diintegrasikan dengan kegiatan pembelajaran biologi di kelas sehingga proses pelatihan dan pendampingan mengenai kultur jaringan tumbuhan dapat berlangsung lebih intensif. Selain itu, project kelompok yang diberikan selama kegiatan pengabdian dapat membantu siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran bioteknologi di kelas.

Kata Kunci: keterampilan; kultur jaringan tumbuhan; pelatihan; pengetahuan

Cara mensitasi artikel:

Restiani, R., Kaban, S. M. P., Sekar, A. A., Matheos, J. H., & Galgani, G. (2024). Kultur jaringan tumbuhan dasar sebagai upaya peningkatan pengetahuan dan keterampilan siswa. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 5(2), 339-348. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v5i2.21800>

PENDAHULUAN

Bioteknologi merupakan salah satu cabang ilmu Biologi yang memanfaatkan teknologi dalam pemanfaatan makhluk hidup (organisme) dan sistem kehidupan untuk menghasilkan atau memodifikasi produk yang bermanfaat dalam waktu yang lebih singkat dengan kualitas dan kuantitas yang lebih baik (Barcelos et al.,

2018). Kultur jaringan tumbuhan adalah salah satu aplikasi dalam bidang bioteknologi tanaman. Kultur jaringan tumbuhan merupakan suatu teknik perbanyakan vegetatif dengan cara mengisolasi bagian tanaman atau disebut eksplan (sel, jaringan dan organ), mengkulturkannya ke dalam media kultur yang mengandung nutrisi dan zat pengatur tumbuh (ZPT), dipelihara dalam kondisi lingkungan yang terkendali (*in vitro*) sehingga eksplan dapat beregenerasi membentuk individu baru yang memiliki sifat identik dengan induknya (klonal) dan organ lengkap seperti induknya (Anis & Ahmad, 2016; Restiani et al., 2022).

Kultur jaringan dapat diterapkan pada perbanyakan klonal tumbuhan karena sifat totipotensi yang dimilikinya, dimana setiap sel tumbuhan memiliki informasi genetik dan perangkat fisiologi lengkap sehingga saat dikulturkan dalam kondisi yang sesuai, sel-sel tumbuhan dapat beregenerasi membentuk tanaman (individu) yang utuh kembali (Bidabadi & Mohan Jain, 2020). Teknik ini lebih efektif dan efisien dalam memenuhi kebutuhan tanaman pangan dibandingkan teknik perbanyakan konvensional meliputi stek, cangkok, merunduk dan okulasi. Kelebihan kultur jaringan sebagai teknik perbanyakan tumbuhan diantaranya: bagian tumbuhan (eksplan) yang dibutuhkan relatif sedikit/kecil, laju multiplikasi lebih tinggi, menghasilkan bibit dalam jumlah banyak dengan waktu yang relatif lebih singkat, sifat anakan (bibit) identik dengan induknya sehingga konservasi plasma nutfah dapat terjaga, perbanyakan bibit tidak dipengaruhi musim, letak geografis, dan anakan yang dihasilkan bebas penyakit terutama virus dan hama (Hasnain et al., 2022). Namun demikian, teknik ini juga memiliki kekurangan yaitu biaya investasi alat, bahan dan laboratorium yang relatif mahal, membutuhkan sumber daya manusia (SDM) ahli, dan akar tanaman hasil perbanyakan *in vitro* umumnya bersifat adventif sehingga relatif kurang kuat dibandingkan akar tanaman *ex vitro* (Bhojwani & Dantu, 2013). Meskipun terdapat kekurangan, namun saat ini, kultur jaringan tumbuhan terbukti memiliki manfaat yang lebih besar dalam perbanyakan tanaman pangan secara berkelanjutan (bidang pertanian), produksi tanaman bebas virus (perkebunan), produksi senyawa bioaktif (industri farmasi), konservasi tanaman hutan langka (kehutanan) (Habibah, 2021; Hasnain et al., 2022).

Kultur jaringan tumbuhan merupakan salah satu materi yang diberikan dalam pembelajaran Biologi Sekolah Menengah Atas (SMA). Topik ini diberikan dalam bab Bioteknologi pada pelajaran Biologi kelas XII (Munawir, 2020). Berdasarkan pengelompokan jenis bioteknologi, kultur jaringan tumbuhan merupakan salah satu aplikasi bioteknologi di bidang pertanian. Seiring dengan perkembangan IPTEK yang semakin pesat dan kebutuhan akan tanaman dengan sifat unggul termasuk resisten terhadap cekaman lingkungan menjadikan kultur jaringan tidak hanya dimanfaatkan untuk perbanyakan tanaman saja namun telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dengan pengembangan rekayasa genetika tanaman. Berdasarkan kebutuhan tersebut, maka pengenalan kultur jaringan tumbuhan bagi siswa sekolah sangat penting diberikan sejak dini terutama menjadi bagian dari materi pelajaran Biologi kelas XII. Namun pada penerapannya, siswa sering menghadapi kesulitan dalam memahami materi bioteknologi khususnya kultur jaringan tumbuhan. Beberapa faktor yang menyebabkan siswa

SMA mengalami kesulitan dalam mempelajari bioteknologi dan kultur jaringan tumbuhan adalah pemikiran bahwa pembelajaran biologi terbatas pada kegiatan menghafal, bersifat abstrak, aplikatif, kompleks dan tidak bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari (Zulpadly et al., 2016; Huda et al., 2017), mahasiswa tidak memiliki pengetahuan cukup terhadap konsep dasar bioteknologi dan kultur jaringan (Firda, 2019), tidak tersedianya modul dan media pembelajaran yang interaktif (Nihayah et al., 2018; Hartini et al., 2019), tidak adanya praktikum (Huda et al., 2017; Nuraini et al., 2022), dan fasilitas laboratorium serta tenaga pendidik yang kurang memadai sehingga berdampak pada menurunnya motivasi siswa dalam mempelajari bioteknologi khususnya kultur jaringan tumbuhan (Zulpadly et al., 2016; Firda, 2019).

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, faktor utama yang menyebabkan kesulitan dalam belajar Bioteknologi terutama kultur jaringan tumbuhan bagi siswa SMA adalah materi yang bersifat abstrak, aplikatif dan kompleks (Zulpadly et al., 2016). Selain itu, faktor lain yang menyebabkan siswa kesulitan dalam mempelajari materi kultur jaringan tumbuhan adalah proses pembelajaran tidak dilengkapi dengan praktikum di laboratorium. Menurut Nihayah et al.(2018), praktikum merupakan salah satu unsur dalam kegiatan pembelajaran yang harus diberikan untuk mencapai pembelajaran yang ideal.

Mitra kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah SMA BOPKRI I Yogyakarta. SMA ini merupakan salah satu sekolah swasta Kristen di Yogyakarta yang berlokasi di Jl. Wardhani No.2, Kotabaru, Kec. Gondokusuman, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. SMA BOPKRI I Yogyakarta memiliki visi salah satunya adalah membentuk manusia cerdas, berdasarkan kasih, integritas dan pelayanan yang tulus. Visi ini selaras dengan nilai kedutawacanaan yaitu melangkah dengan integritas, melakukan yang terbaik dan pelayanan berdasarkan kasih. Dalam upaya menghasilkan lulusan yang cerdas dan berdaya saing global, maka bentuk pengabdian kepada masyarakat yang diberikan melalui pelatihan ini sangat relevan dan dibutuhkan. Selain visi yang selaras, SMA BOPKRI I Yogyakarta juga merupakan mitra yang ideal dalam pengabdian ini karena sejarah kerja sama yang dimiliki dan lokasi yang berdekatan yaitu hanya berjarak 160 meter. Hal ini memudahkan siswa dalam memperoleh pelatihan dan pendampingan secara intensif karena lokasinya yang terjangkau.

Kesulitan siswa dalam pembelajaran bioteknologi terutama juga dialami oleh siswa kelas XII di SMA BOPKRI I Yogyakarta. Permasalahan ini perlu diatasi agar tidak berdampak pada menurunnya minat siswa dalam mempelajari IPA dan terapannya. Selain itu, perkembangan IPTEK dan bioteknologi yang semakin pesat saat ini membutuhkan SDM unggul dan terampil yang perlu dipersiapkan sejak di pendidikan sekolah. Berdasarkan alasan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat sangat diperlukan bagi siswa khususnya siswa kelas XII di SMA BOPKRI I Yogyakarta.

Berdasarkan hasil diskusi dengan guru Biologi di kelas XII, pembelajaran bioteknologi dan kultur jaringan tumbuhan belum optimal diberikan kepada siswa karena materi yang diberikan masih bersifat umum dan tidak dilengkapi dengan kegiatan praktikum di laboratorium. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan

oleh tim pengabdian kepada masyarakat dari Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana adalah melalui pelatihan kultur jaringan tumbuhan bagi siswa kelas XII. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dasar siswa pada materi kultur jaringan tumbuhan. Manfaat yang diharapkan dari kegiatan ini adalah siswa memperoleh pengetahuan mengenai konsep dasar dan keterampilan dalam pelaksanaan kultur jaringan tumbuhan. Selain itu, kegiatan ini dapat membantu tercapainya kompetensi dasar yang diharapkan dalam pembelajaran bioteknologi SMA kelas XII.

METODE

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah *Participatory Action Research* (PAR). Berdasarkan uraian permasalahan yang dihadapi siswa di SMA BOPKRI I Yogyakarta, maka metode PAR relevan digunakan karena metode ini menggunakan pendekatan penyelesaian masalah dan partisipasi aktif masyarakat dalam mengatasi permasalahan yang dialaminya (Cornish et al., 2023; Soedarwo et al., 2022). Kedua pendekatan tersebut sangat penting dalam upaya pemberdayaan masyarakat. Salah satu upaya pemberdayaan yang dapat dilakukan adalah melalui pemberian workshop atau pelatihan kepada siswa. Kegiatan pengabdian ini menitikberatkan pada proses pembelajaran secara aktif oleh siswa kelas XII di SMA BOPKRI I Yogyakarta dalam upaya meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka terutama dalam pembelajaran bioteknologi topik kultur jaringan tumbuhan.

Peserta dalam kegiatan ini adalah siswa kelas XII IPA dan Bahasa yang memilih peminatan IPA sebanyak 41 siswa. Kegiatan dilaksanakan di ruang kelas dan laboratorium Bioteknologi Dasar II, Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta. Tim pelaksana dalam kegiatan pengabdian ini diantaranya adalah dosen mata kuliah Teknik Kultur Jaringan (satu orang), laboran (dua orang) dan asisten mata kuliah Teknik Kultur Jaringan (tiga orang).

Tahap pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini meliputi tahap persiapan, pelaksanaan dan evaluasi (Gambar 1).



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan pelatihan kultur jaringan tumbuhan

Pada tahap persiapan diawali dengan diskusi bersama guru mata pelajaran Biologi dan tim kurikulum untuk menganalisis permasalahan yang dihadapi siswa khususnya dalam pelajaran Biologi topik Bioteknologi. Selanjutnya dari permasalahan tersebut, tim pengabdian dan mitra menentukan topik pelatihan yaitu kultur jaringan tumbuhan yang merupakan salah satu aplikasi bioteknologi. Pada pertemuan selanjutnya, tim pengabdian dan guru mata pelajaran Biologi melakukan koordinasi untuk menentukan target peserta pelatihan dan teknis pelaksanaan pelatihan yang berlokasi di laboratorium Bioteknologi Dasar Fakultas Bioteknologi UKDW.

Tahap berikutnya adalah pelaksanaan. Pelaksanaan kegiatan pengabdian dibagi menjadi dua sesi yaitu sesi pertama diisi dengan pemberian materi pengantar mengenai kultur jaringan tumbuhan menggunakan metode ceramah dilanjutkan dengan diskusi interaktif. Tahap ini bertujuan untuk memberikan pemahaman dasar kepada siswa mengenai aplikasi bioteknologi yaitu kultur jaringan tumbuhan. Selain itu, tanya jawab dan diskusi interaktif sebelum pemberian materi dan setelahnya bertujuan untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa dalam menerima materi yang diberikan. Sesi kedua dilanjutkan demonstrasi kegiatan praktikum oleh asisten yang bertujuan untuk menyiapkan siswa dalam melaksanakan praktikum. Setelah kegiatan demonstrasi, siswa dibagi dalam kelompok praktikum. Setiap kelompok mengerjakan kegiatan praktikum pembuatan media kultur dan inokulasi eksplan.

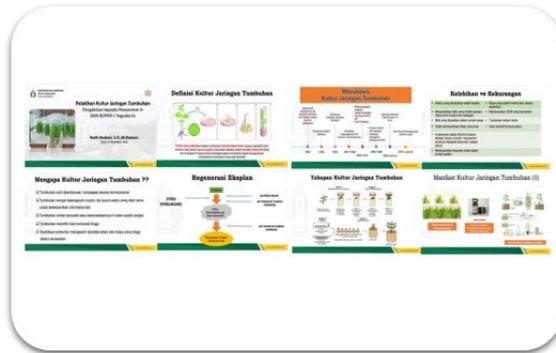
Tahap terakhir yaitu evaluasi. Tahapan ini terdiri dari tanya jawab dengan siswa selama pemberian materi dan saat melaksanakan kegiatan praktikum. Pada tahap ini, tim pengabdian dapat mengevaluasi peningkatan pemahaman, keaktifan dan keterampilan siswa setelah mengikuti pelatihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis situasi yang diperoleh melalui hasil diskusi antara tim pengabdian Fakultas Bioteknologi UKDW dan tim guru dan kurikulum di SMA BOPKRI I Yogyakarta merujuk pada kesulitan siswa kelas XII dalam pembelajaran bioteknologi, salah satunya pada topik jaringan tumbuhan. Hal ini disebabkan karena materi yang diberikan masih bersifat umum dan tidak dilengkapi dengan kegiatan praktikum di laboratorium. Berangkat dari permasalahan ini, metode PAR relevan diterapkan untuk mengatasi permasalahan kesulitan proses pembelajaran oleh siswa. Metode PAR berfokus pada partisipasi aktif siswa sebagai *agent of change* dan pemberdayaan siswa dengan pengetahuan yang dimiliki serta pendampingan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat diberikan dalam bentuk pelatihan kultur jaringan tumbuhan bagi siswa kelas XII di SMA BOPKRI I Yogyakarta. Pelatihan ini dapat membantu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dasar siswa pada materi kultur jaringan tumbuhan.

Kegiatan pelatihan diberikan dalam bentuk pemberian materi pengantar. Dalam upaya mengatasi permasalahan siswa dalam belajar bioteknologi khususnya kultur jaringan tumbuhan bagi siswa kelas XII, maka kegiatan pengabdian ini memberikan pelatihan yang dibagi ke dalam tiga sesi. Sesi pertama

yaitu penjelasan materi pengantar kultur jaringan tumbuhan meliputi definisi, alasan pemilihan kultur jaringan tumbuhan, prinsip kultur jaringan tumbuhan dan regenerasi eksplan, *milestone* aplikasi kultur jaringan tumbuhan, kelebihan dan kelemahan kultur jaringan tumbuhan, tahapan kerja kultur jaringan tumbuhan dan manfaatnya bagi kehidupan manusia (Gambar 2).



Gambar 2. Materi pengantar kultur jaringan tumbuhan

Pemberian materi ini dapat membantu meningkatkan pengetahuan siswa dalam mempelajari bioteknologi khususnya kultur jaringan tumbuhan. Hal ini juga dibuktikan oleh Wahyuni et al. (2022) yang berhasil meningkatkan pengetahuan siswa SMA N 1 Glagah terkait topik kultur jaringan tumbuhan. Pemberian materi sebelum pelaksanaan praktikum lebih efektif dalam membekali siswa dengan pemahaman dasar yang kuat sehingga dapat mengerjakan praktikum secara lancar.

Sesi kedua diisi dengan demonstrasi kegiatan praktikum oleh asisten. Tahap ini merupakan persiapan penting yang bertujuan untuk mempersiapkan siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Demonstrasi dilakukan untuk tiga acara yaitu pembuatan media kultur, inokulasi eksplan dan aklimatisasi (Gambar 3).



Gambar 3. Demonstrasi praktikum kultur jaringan tumbuhan di kelas

Sesi ketiga adalah pelaksanaan praktikum. Setelah demonstrasi diberikan, setiap siswa masuk ke dalam praktikum untuk mengerjakan seluruh acara

praktikum yang diinstruksikan. Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh selama pelaksanaan pelatihan, siswa kelas XII IPA maupun Bahasa dengan peminatan IPA terlibat secara aktif dan partisipatif dalam proses tanya jawab, praktikum dan diskusi selama praktikum. Antusiasme serta partisipasi aktif siswa terutama sangat terlihat saat praktikum. Siswa aktif bertanya dan dapat bekerja sama dalam tim untuk menyelesaikan setiap acara yang diberikan (Gambar 4).



Gambar 4. Praktikum pembuatan media kultur jaringan tumbuhan di laboratorium

Berdasarkan evaluasi yang dilakukan selama kegiatan pelatihan, menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian yang diberikan dalam bentuk pelatihan ini telah berhasil 100% meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa pada topik kultur jaringan tumbuhan. Hasil ini diperoleh berdasarkan indikator penguasaan teori sebelum dan setelah pelatihan serta kemampuan siswa dalam menyelesaikan tahapan kerja kultur jaringan tumbuhan (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil evaluasi pengetahuan dan keterampilan siswa sebelum dan sesudah pelatihan

No	Kondisi sebelum pelatihan	Kondisi setelah pelatihan
Pengetahuan		
1	Siswa belum menjawab dengan tepat definisi kultur jaringan tumbuhan	Siswa mampu menjawab dengan tepat definisi kultur jaringan tumbuhan
2	Siswa tidak mengetahui sifat totipotensi sel tumbuhan	Siswa mengetahui sifat totipotensi sel tumbuhan
3	Siswa belum dapat menjawab dengan tepat kelebihan teknik kultur jaringan tumbuhan	Siswa mampu menjawab dengan tepat kelebihan teknik kultur jaringan tumbuhan
4	Siswa belum mengetahui manfaat atau aplikasi kultur jaringan tumbuhan dalam kehidupan sehari-hari	Siswa mengetahui manfaat atau aplikasi kultur jaringan tumbuhan dalam kehidupan sehari-hari
Keterampilan		
1	Siswa belum mengetahui tahapan kerja kultur jaringan tumbuhan meliputi pembuatan media kultur, sterilisasi eksplan dan inokulasi eksplan	Siswa mampu melaksanakan tahapan kerja kultur jaringan tumbuhan meliputi pembuatan media kultur, sterilisasi eksplan dan inokulasi eksplan

Sebelum sesi pengantar diberikan, siswa diberikan pertanyaan mengenai definisi kultur jaringan tumbuhan, kelebihan, dan manfaatnya dalam kehidupan. Sebagian besar siswa tidak menjawab pertanyaan tersebut. Namun demikian, pertanyaan yang sama kembali diberikan saat pelaksanaan praktikum. Hasil yang

diperoleh adalah siswa sudah mampu menjawab dengan benar. Selain itu, sebelum memulai kegiatan praktikum, siswa belum memiliki gambaran mengenai tahapan kerja kultur jaringan tumbuhan. Namun, setelah demonstrasi praktikum diberikan, siswa mampu menyelesaikan tahapan kerja kultur jaringan tumbuhan dengan baik sesuai waktu yang diberikan. Setelah tahap evaluasi kegiatan selesai, kegiatan pengabdian ditutup dengan foto bersama dengan tim pengabdian Fakultas Bioteknologi UKDW, siswa kelas XII IPA dan Bahasa serta tim guru dari SMA BOPKRI I Yogyakarta (Gambar 5).



Gambar 5. Penutupan pelatihan kultur jaringan tumbuhan di laboratorium

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kegiatan pengabdian ini telah berhasil sebesar 100% dalam meningkatkan pengetahuan berdasarkan hasil tanya jawab selama pelatihan serta keterampilan dalam melaksanakan tahapan kultur jaringan tumbuhan meliputi pembuatan media MS, sterilisasi eksplan dan inokulasi eksplan. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini lebih lanjut dapat diintegrasikan dengan kegiatan pembelajaran biologi di kelas sehingga proses pelatihan dan pendampingan mengenai kultur jaringan tumbuhan dapat berlangsung lebih intensif. Selain itu, project kelompok yang diberikan selama kegiatan pengabdian dapat membantu siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran bioteknologi di kelas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana karena telah membantu dalam pendanaan pengabdian internal prodi. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada SMA BOPKRI I Yogyakarta atas kerjasama dan bantuannya dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini.

DAFTAR RUJUKAN

Anis, M., & Ahmad, N. (2016). Plant tissue culture: Propagation, conservation and crop improvement. *Plant Tissue Culture: Propagation, Conservation and Crop Improvement*, 1–621. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1917-3>

- Barcelos, M. C. S., Lupki, F. B., Campolina, G. A., Nelson, D. L., & Molina, G. (2018). The colors of biotechnology: General overview and developments of white, green and blue areas. *FEMS Microbiology Letters*, 365(21), 1–11. <https://doi.org/10.1093/femsle/fny239>
- Bhojwani, S. S., & Dantu, P. K. (2013). Plant tissue culture: An introductory text. In *Plant Tissue Culture: An Introductory Text*. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1026-9>
- Bidabadi, S. S., & Mohan Jain, S. (2020). Cellular, molecular, and physiological aspects of in vitro plant regeneration. *Plants*, 9(6), 10–13. <https://doi.org/10.3390/plants9060702>
- Cornish, F., Breton, N., Moreno-Tabarez, U., Delgado, J., Rua, M., de-Graft Aikins, A., & Hodgetts, D. (2023). Participatory action research. *Nature Reviews Methods Primers*, 3(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s43586-023-00214-1>
- Firda, A. (2019). Analisis Kesulitan Belajar Siswa SMA pada Materi Kultur Jaringan Tumbuhan. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 73–77. <https://journal.unilak.ac.id/index.php/BL/article/view/2694>
- Habibah, N. A. (2021). Produksi Senyawa Bioaktif dari Kultur Kalus Gembili (*Dioscorea esculenta*). In *deepublish*.
- Hartini, H., Narulita, E., & Iqbal, M. (2019). Pengembangan Virtual Laboratory pada topik kultur jaringan tumbuhan untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.31331/jipva.v3i1.658>
- Hasnain, A., Naqvi, S. A. H., Ayesha, S. I., Khalid, F., Ellahi, M., Iqbal, S., Hassan, M. Z., Abbas, A., Adamski, R., Markowska, D., Baazeem, A., Mustafa, G., Moustafa, M., Hasan, M. E., & Abdelhamid, M. M. A. (2022). Plants in vitro propagation with its applications in food, pharmaceuticals and cosmetic industries; current scenario and future approaches. *Frontiers in Plant Science*, 13(October), 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1009395>
- Huda, A. I., Harahap, F., & Edi, S. (2017). Analysis of Biological Difficulties in Studying Tissue Culture at Medan State University. *International Journal of Humanities, Social Sciences and Education*, 4(11), 65–71. <https://doi.org/10.20431/2349-0381.0411007>
- Munawir. (2020). *Modul Pembelajaran SMA BIOLOGI: Bioteknologi Biologi Kelas XII*. Direktorat SMA, Direktorat Jenderal PAUD, DIKDAS dan DIKMEN.
- Nihayah, D., Rahayu, E. S., & Nugrahaningsih, N. (2018). Development of Alternative Plant Tissue Culture Module to Optimize Science Process Skills and Curiosity in Modern Biotechnology Learning in High School. *Journal of Innovative Science Education*, 7(2), 336–342. <https://doi.org/10.15294/jise.v7i2.24792>
- Nuraini, D., Astuti, I., & Enawaty, E. (2022). Pengembangan Panduan Praktikum Kultur Jaringan dalam Pembelajaran Biologi di SMA Kristen Makedonia Debora. *Jurnal Biotek*, 10(2), 140–154. <https://doi.org/10.24252/jb.v10i2.32212>
- Restiani, R., Dolonseda, A. C., Kaban, S. M. P., Hutabarat, C. T., Sekar, A. A., Meliana,

- F. A., Linardi, M., Verrell, N., & KY, A. A. B. (2022). Efficient Callus and Shoot Induction Protocol from Leaf and Node Explants of Javanese Ginseng (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.). *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 9(12), 223-231. <https://doi.org/10.36347/sjavs.2022.v09i12.003>
- Soedarwo, V. S. D., Ramadhani Fuadiputra, I., Reevany Bustami, M., & Jha, G. K. (2022). Participatory Action Research (PAR) Model for Developing A Tourism Village in Indonesia. *Journal of Local Government Issues*, 5(2), 193-206. <https://doi.org/10.22219/logos.v5i2.21279>
- Wahyuni, F. D., & Novianti, T. (2022). Peningkatan Pengetahuan Siswa SMA Negeri 1 Glagah tentang Kultur Jaringan melalui Edukasi Online. *Jurnal Pengabdian Masyarakat AbdiMas*, 8(3), 1-5. <https://doi.org/10.47007/abd.v8i03.5213>
- Zulpadly, Harahap, F., & Edi, S. (2016). Analisis Kesulitan Belajar Siswa Materi Bioteknologi SMA Negeri Se- Kabupaten Rokan Hilir. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 242-248. <https://doi.org/10.24114/jpb.v6i1.4327>