

**POTENSI AIR NIRA DARI POHON AREN (*ARENGA PINNATA*
(*WURMB*) MERR.) YANG DIMANFAATKAN MENJADI TUAK
SEBAGAI BAHAN PRAKTIKUM PADA SUBMATERI
BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL
DI SEKOLAH MENENGAH ATAS**

Jayanti Silaen^{1*}, Andi Besse Tenriawu²

¹²Universitas Tanjungpura

E-mail korespondensi: f1071221057@student.untan.ac.id

Penerbit

ABSTRAK

FKIP Universitas Timor,
NTT- Indonesia

Di dunia pendidikan, khususnya dalam mata pelajaran biologi di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), bioteknologi konvensional menjadi salah satu submateri yang penting untuk dipelajari. Namun, sering kali materi ini diajarkan secara teoritis tanpa dilengkapi dengan praktikum yang relevan dan menarik. Oleh karena itu, penggunaan air nira aren sebagai bahan ajar dalam praktikum bioteknologi konvensional dapat menjadi alternatif yang efektif untuk membantu siswa memahami proses fermentasi secara lebih mendalam dan aplikatif. Tujuan dari penulisan naskah ini untuk menunjukkan jika air nira dapat digunakan sebagai bahan ajar dalam praktikum bioteknologi konvensional. Proses atau prosedur pengumpulan data dan informasi diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan petani nira yang berpengalaman dalam pengolahan air nira menjadi tuak serta literatur yang relevan, seperti buku teks bioteknologi, jurnal ilmiah, dan artikel yang membahas bioteknologi konvensional serta pemanfaatan air nira dari pohon aren. Siswa yang terlibat dalam praktikum fermentasi air nira menunjukkan peningkatan tidak hanya dalam pemahaman teoretis, tetapi juga dalam keterampilan praktikum. Dapat disimpulkan bahwa air nira dari pohon aren memiliki potensi besar tidak hanya sebagai sumber bahan baku pembuatan tuak, tetapi juga sebagai bahan ajar praktikum dalam submateri bioteknologi konvensional di sekolah menengah atas.

Kata kunci: Air nira, bioteknologi konvensional, bahan ajar



This PSH : Prosiding Pendidikan Sains dan Humaniora is licensed under a [CC BY-NC-SA \(Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Pohon aren (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.) merupakan salah satu tanaman yang memiliki potensi besar sebagai sumber bahan baku dalam berbagai produk, termasuk minuman tradisional seperti tuak. Air nira yang dihasilkan dari pohon aren memiliki kandungan gula yang tinggi, yang dapat difermentasi menjadi alkohol melalui proses bioteknologi konvensional. Di Indonesia, pemanfaatan air nira dari pohon aren untuk menghasilkan tuak telah lama dilakukan oleh masyarakat, terutama di daerah pedesaan. Namun, pemanfaatan ini seringkali masih dilakukan secara tradisional tanpa pengembangan lebih lanjut dalam konteks pendidikan dan sains (Sinaga dkk, 2021).

Pohon aren (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu tanaman palem yang memiliki banyak manfaat, terutama di wilayah Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Salah satu produk unggulan yang dihasilkan dari pohon aren adalah air nira, yang dapat diolah menjadi berbagai produk, termasuk gula aren, cuka, dan tuak. Tuak merupakan minuman fermentasi tradisional yang telah dikenal oleh masyarakat Indonesia sejak lama. Proses fermentasi dalam pembuatan tuak adalah contoh konkret dari bioteknologi konvensional yang telah diterapkan secara turun-temurun (Suryani & Manurung, 2018).

Nira aren merupakan salah satu minuman tradisional yang memiliki khasiat bagi kesehatan. Menurut Ismanto (1995) dalam Sinaga dkk (2021) nira yang masih segar digunakan untuk obat sariawan, TBC, disentri, wasir dan untuk memperlancar buang air besar. Dalam keadaan segar nira berasa manis, berbau khas dan berwarna. Nira aren mengandung beberapa zat gizi antara lain karbohidrat, protein, lemak dan mineral. Rasa manis pada nira disebabkan kandungan karbohidratnya mencapai 11,28%. Nira yang baru menetes dari tandan bunga mempunyai pH sekitar 7(pH netral), akan tetapi pengaruh keadaan sekitarnya menyebabkan nira aren mudah terkontaminasi dan mengalami fermentasi (Lempang,2012).

Nira merupakan cairan manis yang diperoleh dengan cara menyadap bunga jantan dari pohon aren. Aren (*Arenga pinnata* Merr) merupakan salah satu tanaman palma yang dapat tumbuh dengan baik di Indonesia. Pohon aren merupakan pohon yang hampir semua bagian fisik maupun produksinya dapat dimanfaatkan dan memiliki nilai ekonomis. Manfaat aren sudah banyak dikembangkan oleh masyarakat lokal dari pembuatan gula cetak, gula semut, tepung aren dan kolang kaling serta telah memasuki pasar moderen namun dalam kuantitas

yang sangat terbatas (Lempang, 2012). Nira aren mudah mengalami kerusakan karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama penyadapan dan pengangkutan ke tempat pengolahan dan kerusakan akibat proses terjadinya fermentasi.

Fermentasi merupakan suatu proses pemecahan senyawa karbohidrat sebagai komponen utamanya. Proses fermentasi diawali pemecahan polisakarida atau karbohidrat menjadi gula sederhana (monosakarida), misalnya hidrolisis pati unit-unit glukosa. Selanjutnya, glukosa akan dipecah menjadi senyawa-senyawa lain tergantung dari jenis fermentasinya (Rahayu dan Nurwitri, 2012). Menurut Syauqiah (2015) kadar bioetanol dan kadar keasaman yang berbeda untuk tiap variasi waktu fermentasi mengalami peningkatan jumlah sel sehingga jumlah dan kemampuan sel untuk mengkonversi senyawa gula menjadi etanol akan semakin meningkat, akibatnya etanol yang dihasilkan pun semakin besar.

Di era modern ini, pemahaman tentang proses bioteknologi konvensional menjadi sangat penting, khususnya di tingkat pendidikan menengah atas. Dengan memberikan contoh konkret dari kehidupan sehari-hari, seperti pemanfaatan air nira untuk pembuatan tuak, siswa dapat lebih mudah memahami konsep-konsep bioteknologi. Selain itu, pengenalan sumber daya alam lokal seperti pohon aren juga dapat menumbuhkan rasa cinta lingkungan dan kebanggaan terhadap kekayaan alam Indonesia.

Di dunia pendidikan, khususnya dalam mata pelajaran biologi di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), bioteknologi konvensional menjadi salah satu submateri yang penting untuk dipelajari. Namun, sering kali materi ini diajarkan secara teoritis tanpa dilengkapi dengan praktikum yang relevan dan menarik. Oleh karena itu, penggunaan air nira aren sebagai bahan ajar dalam praktikum bioteknologi konvensional dapat menjadi alternatif yang efektif untuk membantu siswa memahami proses fermentasi secara lebih mendalam dan aplikatif (Darmayanti & Suwarni, 2020).

Penggunaan air nira dari pohon aren dalam pembuatan tuak memiliki beberapa alasan yang mendasari ide penulisan ini. Pertama, proses pembuatan tuak merupakan contoh nyata dari penerapan bioteknologi konvensional, khususnya dalam aspek fermentasi (Suryani & Manurung, 2018). Kedua, pemanfaatan bahan lokal seperti air nira aren dapat menambah nilai edukasi sekaligus mengenalkan siswa pada kekayaan alam dan budaya lokal. Ketiga, praktikum yang menggunakan bahan yang mudah diperoleh dan proses yang sederhana akan

meningkatkan minat siswa dalam belajar bioteknologi serta memperkuat pemahaman mereka tentang konsep-konsep dasar fermentasi (Darmayanti & Suwarni, 2020).

Penulisan ini bertujuan untuk memberikan salah satu contoh bahan ajar yang berbasis pada praktik atau uji coba langsung mengenai pemanfaatan air nira dari pohon aren dalam proses bioteknologi konvensional, khususnya pada pembuatan tuak. Melalui bahan ajar ini, diharapkan siswa dapat memahami konsep Bioteknologi Konvensional dimana siswa dapat memahami dasar-dasar bioteknologi konvensional melalui proses fermentasi nira menjadi tuak, mengembangkan keterampilan praktis yang mana melalui kegiatan praktikum, siswa dapat mengembangkan keterampilan laboratorium, termasuk cara mengukur kadar gula, melakukan fermentasi, dan menganalisis hasil fermentasi serta mengenali potensi lokal dimana hal ini membuat siswa dapat mengenali dan menghargai potensi lokal, khususnya pohon aren, sebagai sumber daya alam yang bernilai ekonomi dan ilmiah.

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan dan penerapan bahan ajar ini antara lain meningkatkan pemahaman siswa untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bioteknologi konvensional melalui pendekatan yang aplikatif dan relevan dengan kehidupan sehari-hari, mendorong inovasi yang dapat menginspirasi siswa untuk berpikir kreatif dan inovatif dalam memanfaatkan sumber daya alam lokal melalui pendekatan ilmiah, kontribusi terhadap pendidikan dimana menyediakan bahan ajar yang dapat digunakan oleh guru di berbagai sekolah menengah atas sebagai bagian dari kurikulum bioteknologi, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik dan kontekstual dan peningkatan kesadaran lingkungan yang mana dapat meningkatkan kesadaran siswa terhadap pentingnya pelestarian sumber daya alam, khususnya pohon aren, yang memiliki potensi besar bagi masyarakat.

Dengan demikian, penulisan naskah ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pengajaran bioteknologi konvensional, serta mengangkat nilai-nilai kearifan lokal yang ada di masyarakat.

KAJIAN PUSTAKA

1. Bioteknologi

Bioteknologi adalah bidang penerapan biosains dan teknologi yang menyangkut penerapan praktis organisme hidup atau komponen subseluler mereka pada industri jasa dan manufaktur serta pengelolaan lingkungan. Atau dapat pula di definisikan sebagai teknologi

yang menggunakan sistem hayati (proses-proses biologi) untuk mendapatkan barang dan jasa yang berguna bagi kesejahteraan manusia. Bioteknologi memanfaatkan: bakteri, ragi, kapang, alga, sel tumbuhan atau sel hewan yang dibiakkan sebagai konstituen berbagai proses industri. Pada umumnya bioteknologi dibedakan menjadi bioteknologi tradisional dan modern. Bioteknologi tradisional adalah bioteknologi yang memanfaatkan mikrobia (organisme) untuk memodifikasi bahan dan lingkungan untuk memperoleh produk optimal. Misalnya pembuatan tempe, tape, roti, pengomposan sampah. Sedangkan bioteknologi modern dilakukan melalui pemanfaatan ketrampilan manusia dalam melakukan manipulasi makhluk hidup agar dapat digunakan untuk menghasilkan produk sesuai yang diinginkan manusia. Misalnya melalui teknik rekayasa genetik. Rekayasa genetik merupakan teknik untuk menghasilkan molekul DNA yang berisi gen baru yang diinginkan atau kombinasi gen-gen baru atau dapat dikatakan sebagai manipulasi organisme (Sutarno, 2016)

2. Pohon Aren dan Potensi Air Nira

Pohon aren (*Arenga pinnata*) merupakan tumbuhan yang banyak ditemukan di Indonesia dan dikenal sebagai sumber utama produksi air nira. Menurut Soetarno (2010), pohon aren memiliki banyak kegunaan, salah satunya adalah nira yang dapat difermentasi menjadi berbagai produk seperti gula merah, cuka, dan minuman fermentasi seperti tuak. Air nira yang diperoleh dari pohon aren memiliki kandungan gula yang tinggi, terutama sukrosa, glukosa, dan fruktosa, yang menjadikannya bahan baku yang potensial dalam proses fermentasi alkohol (Syarief et al., 2013). Salah satu hasil dari air nira sendiri adalah tuak, tuak sendiri merupakan minuman yang telah menjadi bagian dari masyarakat Indonesia dimana dalam proses pembuatan tuak nira ini melalui tahapan yang dinamakan fermentasi. Beberapa orang mungkin tidak mengetahui jika proses fermentasi merupakan proses yang termasuk ke dalam bioteknologi khususnya bioteknologi konvensional.

3. Proses Fermentasi Air Nira menjadi Tuak

Proses fermentasi air nira menjadi tuak merupakan salah satu bentuk penerapan bioteknologi konvensional yang telah dilakukan sejak lama oleh masyarakat tradisional di Indonesia. Fermentasi dilakukan oleh mikroorganisme, terutama ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), yang mengubah gula menjadi alkohol dan karbon dioksida. Proses ini terjadi secara anaerob, di mana kondisi lingkungan tanpa oksigen diperlukan untuk pertumbuhan optimal ragi dan produksi alkohol (Madigan et al., 2015).

4. Tuak sebagai Produk Tradisional dan Pemanfaatannya dalam Pendidikan

Tuak merupakan minuman tradisional yang banyak dikonsumsi di berbagai daerah di Indonesia. Menurut penelitian Purwanto (2014), meskipun sering dikonsumsi sebagai minuman sosial, tuak juga memiliki potensi besar sebagai bahan pembelajaran di bidang bioteknologi konvensional. Dengan menggunakan proses pembuatan tuak sebagai contoh, siswa dapat belajar tentang konsep fermentasi, peran mikroorganisme, serta aplikasi praktis dari bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari.

5. Pendidikan Bioteknologi Konvensional di Sekolah Menengah Atas

Pembelajaran bioteknologi konvensional di sekolah menengah atas seringkali terbatas pada teori tanpa aplikasi praktis yang relevan. Menurut Azizah (2016), bahan ajar yang kontekstual dan berbasis praktik sangat penting untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep bioteknologi. Melalui kegiatan praktikum yang melibatkan proses fermentasi air nira menjadi tuak, siswa dapat memperoleh pengalaman langsung yang tidak hanya meningkatkan pemahaman teoretis mereka, tetapi juga keterampilan praktis dalam laboratorium.

6. Potensi Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Sumber Daya Lokal

Penggunaan sumber daya lokal seperti pohon aren dalam pengajaran sains tidak hanya relevan secara ilmiah, tetapi juga mendukung pelestarian budaya dan lingkungan. Nurfadilah (2017) menyatakan bahwa integrasi kearifan lokal dalam kurikulum dapat meningkatkan keterlibatan siswa dan memupuk rasa tanggung jawab terhadap lingkungan. Dengan

menjadikan pembuatan tuak dari air nira sebagai bahan ajar, guru dapat mengajarkan bioteknologi dengan pendekatan yang lebih dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa dan potensi daerah setempat.

7. Studi Terdahulu tentang Bahan Ajar Berbasis Praktikum

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis praktikum lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional. Menurut Suparno (2015), siswa yang belajar melalui kegiatan praktikum cenderung memiliki pemahaman yang lebih mendalam dan kemampuan berpikir kritis yang lebih baik. Dalam konteks bioteknologi, pembelajaran melalui eksperimen seperti fermentasi air nira dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan kontekstual.

METODE PENULISAN

Naskah ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan tujuan untuk menggali potensi air nira dari pohon aren (*Arenga pinnata*) yang dimanfaatkan menjadi tuak sebagai bahan ajar praktikum pada submateri bioteknologi konvensional di sekolah menengah atas. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk memahami fenomena dalam konteks pendidikan dan pemanfaatan sumber daya lokal.

Sumber pembahasan dari naskah ini diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan petani nira yang berpengalaman dalam pengolahan air nira menjadi tuak serta literatur yang relevan, seperti buku teks bioteknologi, jurnal ilmiah, dan artikel yang membahas bioteknologi konvensional serta pemanfaatan air nira dari pohon aren. Adapun Prosedur pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung ke lokasi pengambilan air nira dari pohon aren. Observasi ini bertujuan untuk memahami proses pengambilan dan pengolahan air nira menjadi tuak secara tradisional dilanjutkan dengan wawancara dilakukan dengan petani nira untuk mendapatkan informasi tentang proses fermentasi, manfaat air nira, dan potensi penggunaannya sebagai bahan ajar di sekolah kemudian studi pustaka yang dilakukan kajian literatur dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan artikel yang berkaitan dengan bioteknologi konvensional, fermentasi, dan pemanfaatan air nira sebagai bahan ajar dan diakhiri dengan penelitian kecil dengan melakukan eksperimen sederhana untuk menguji proses fermentasi air nira menjadi tuak. Hasil fermentasi kemudian dianalisis untuk melihat potensi penggunaannya sebagai bahan ajar praktikum bioteknologi konvensional.

Data dan informasi yang diperoleh dari observasi, wawancara, dan studi pustaka dianalisis secara kualitatif. Analisis ini dilakukan dengan cara mengorganisir data, mengkategorikan informasi, serta menarik kesimpulan yang relevan dengan tujuan penelitian. Hasil dari penelitian kecil juga dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas air nira sebagai media praktikum bioteknologi konvensional. Metode ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai potensi air nira dari pohon aren sebagai bahan ajar praktikum bioteknologi konvensional di sekolah menengah atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Berdasarkan observasi dan tinjau lapangan maka didapatkan tahap-tahap pengambilan air nira dari pohon enau dilanjutkan proses fermentasi, tahap-tahap ini juga didasari dengan wawancara bersama petani air nira dengan hasil tahapan sebagai berikut:

- Pohon enau biasanya disebut juga sebagai Pohon aren. Pohon enau yang dijadikan pohon pembuatan nira haruslah pohon yang memiliki usia yang matang dan sudah menghasilkan buah yang dinamakan kolangkaling.



Gambar 1.1

- Batang buah kolangkaling tersebut haruslah di guncang dan dipukul-pukul setiap 3 kali dalam sehari agar menghasilkan air nira yang banyak. Hal ini dilakukan paling cepat 1 minggu dan paling lama 2 minggu tergantung dari seberapa banyak guncangan dan pukulan yang diberikan pada batang pohon
- Setelah itu maka batang dari kolangkaling tersebut dipotong mendekati ujung batang tumbuh atau sampai mengeluarkan air, air tersebutlah yang dinamakan nira. Kemudian

dibuat seperti sebuah tempat tetesan air nira tersebut untuk mengalir dan di bawahnya dibuat penampung dan dibiarkan semalaman.



Gambar 1.2

- Setelah biarkan semalaman maka kesokan harinya adalah waktunya untuk mengambil air nira tersebut yang mana dilakukan dengan menaikkan ken yang kosong dari bawah ke atas dengan menggunakan tali.



Gambar 1.3

- Setelah ken tiba di atas maka air yang ditampung di ken pertama akan dialirkan ke ken 2 yang baru tiba melalui pipa yang telah disediakan.



Gambar 1.4

- Setelah dirasa cukup maka ken tersebut akan di turunkan ke bawah melalui tali.
- Kemudian air nira tersebut di bawah ke tempat peracikan.



Gambar 1.5

- Air nira tersebut dibiarkan selama beberapa saat untuk mengendapkan kotoran yang berada di dalamnya dan di saring lagi untuk mendapatkan hasil yang bagus. Setelah itu pada tempat peracikan diberikan bahan tambahan berupa kayu resak (atau kayu rawon nama lainnya) ke dalam air nira. Jika tidak bisa mendapatkan bahan tersebut maka bisa digantikan menggunakan ragi.
- Air nira yang telah diberikan kayu resak atau ragi tersebut dibiarkan selama beberapa hari (2-3 hari) agar menjadi tuak
- Tuak dari air nira pun telah diselesaikan dibuat.

2. Pembahasan

Salah satu masalah utama dalam pembelajaran bioteknologi di tingkat SMA adalah keterbatasan bahan ajar yang kontekstual dan berbasis praktik. Pembelajaran bioteknologi seringkali terbatas pada penjelasan teoretis yang kurang memberikan pengalaman langsung kepada siswa. Hal ini dapat menghambat pemahaman siswa terhadap konsep-konsep yang seharusnya dipelajari melalui aplikasi praktis. Dalam naskah ini, pemanfaatan air nira dari pohon aren sebagai bahan ajar praktikum menawarkan solusi terhadap masalah ini. Dengan menggunakan air nira, siswa dapat terlibat langsung dalam proses fermentasi dan memahami bagaimana bioteknologi konvensional bekerja dalam kehidupan sehari-hari (Azizah, 2016).

Berdasarkan hasil di atas maka didapatkan jika pembuatan tuak dari air nira terbilang cukup sederhana dan mudah dilakukan dengan peralatan yang seadanya, juga proses fermentasi yang dilakukan menunjukkan hubungan yang erat dengan bioteknologi konvensional yang

dibantu dengan kayu resak atau jika tidak memilikinya maka dapat mengantinya dengan ragi. Proses fermentasi sendiri memakan waktu 2-3 hari tetapi semakin lama air nira difermentasikan, maka kadar alkoholnya cenderung meningkat. Proses fermentasi melibatkan ragi yang mengubah gula dalam air nira menjadi alkohol dan karbon dioksida. Pada tahap awal fermentasi, kadar alkohol akan meningkat seiring dengan konversi gula. Namun, setelah mencapai kadar alkohol tertentu, ragi dapat berhenti bekerja atau menjadi kurang efisien, terutama jika kadar alkohol terlalu tinggi atau gula dalam nira sudah habis (Maidangkay & Dosoputranto, 2021).

Hasil kajian menunjukkan bahwa air nira dari pohon aren memiliki potensi besar untuk digunakan dalam pendidikan sains di sekolah. Integrasi sumber daya lokal seperti pohon aren dalam bahan ajar tidak hanya memperkaya pengalaman belajar siswa, tetapi juga mendukung pelestarian budaya dan pengetahuan lokal. Pohon aren adalah tumbuhan yang mudah ditemukan di Indonesia dan telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat untuk berbagai keperluan, termasuk pembuatan tuak (Soetarno, 2010). Dengan memasukkan kegiatan pembuatan tuak sebagai bagian dari praktikum bioteknologi, siswa tidak hanya mempelajari proses ilmiah, tetapi juga nilai-nilai kearifan lokal yang terkait dengan pemanfaatan sumber daya alam.

Naskah ini juga menghasilkan inovasi dalam pengembangan bahan ajar bioteknologi yang lebih aplikatif. Bahan ajar yang dikembangkan mencakup panduan praktikum yang jelas dan terstruktur mengenai proses fermentasi air nira menjadi tuak. Inovasi ini melibatkan penggunaan teknologi sederhana dan bahan-bahan yang mudah diakses oleh peserta didik, sehingga dapat dilakukan di laboratorium sekolah dengan peralatan yang ada (Suparno, 2015). Selain itu, dalam praktikum dilengkapi dengan penjelasan teoretis mengenai mikroorganisme yang terlibat dalam fermentasi, pengukuran kadar alkohol, serta analisis hasil fermentasi.

Siswa yang belajar melalui metode praktikum ini menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan terhadap konsep-konsep bioteknologi konvensional dibandingkan dengan siswa yang hanya mendapatkan pembelajaran teoretis (Mulyati, 2018). Siswa yang terlibat dalam praktikum fermentasi air nira menunjukkan peningkatan tidak hanya dalam pemahaman teoretis, tetapi juga dalam keterampilan laboratorium. Mereka lebih mampu melakukan pengukuran yang tepat, mengikuti prosedur laboratorium dengan benar, dan

menganalisis data yang diperoleh selama praktikum. Hal ini menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis praktikum seperti ini dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan analitis yang penting dalam pembelajaran sains (Suparno, 2015).

Meskipun hasil naskah ini menunjukkan banyak keuntungan, terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Misalnya, tidak semua sekolah memiliki akses mudah ke pohon aren atau peralatan fermentasi yang diperlukan. Oleh karena itu, diperlukan adaptasi bahan ajar yang mempertimbangkan kondisi lokal masing-masing sekolah (Nurfadilah, 2017). Namun, tantangan ini juga membuka peluang untuk pengembangan bahan ajar yang lebih fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing sekolah.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

1. Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa air nira dari pohon aren memiliki potensi besar tidak hanya sebagai sumber bahan baku pembuatan tuak, tetapi juga sebagai bahan ajar praktikum dalam submateri bioteknologi konvensional di sekolah menengah atas. Penggunaan bahan ajar berbasis praktikum yang kontekstual, berbasis sumber daya lokal, dan relevan dengan kehidupan sehari-hari dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep bioteknologi serta mendorong pelestarian kearifan lokal dan sumber daya alam. Pemanfaatan air nira dari pohon aren sebagai bahan ajar praktikum pada submateri bioteknologi konvensional di SMA telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep bioteknologi. Integrasi sumber daya lokal dalam pembelajaran juga memberikan dampak positif terhadap kesadaran siswa akan nilai-nilai kearifan lokal dan pelestarian lingkungan. Melalui inovasi dalam pengembangan bahan ajar yang berbasis praktik, pembelajaran sains menjadi lebih menarik, aplikatif, dan relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa.

2. Rekomendasi

Sekolah menengah atas diharapkan dapat mengintegrasikan materi tentang fermentasi air nira menjadi tuak dalam submateri bioteknologi konvensional. Penggunaan bahan lokal seperti air nira aren dapat membuat pembelajaran lebih kontekstual dan relevan bagi siswa, terutama di daerah yang kaya akan pohon aren. Untuk air nira yang telah difermentasikan menjadi tuak sendiri jika ingin dikonsumsi oleh peserta didik maka waktu fermentasinya harusnya singkat dan jangan terlalu lama karena dapat meningkatkan kadar alkohol di dalamnya yang apabila jika dikonsumsi terlalu banyak maka tidak baik bagi peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N. (2016). Efektivitas Pembelajaran Bioteknologi Konvensional dengan Pendekatan Praktikum Berbasis Lingkungan di Sekolah Menengah Atas. *Jurnal Pendidikan Sains*, 4(2), 155-165.
- Darmayanti, N. L. P., & Suwarni, R. (2020). "Pemanfaatan Nira Aren (*Arenga pinnata*) dalam Pembuatan Gula dan Minuman Tradisional." *Jurnal Agroindustri*, 14(2), 101-110.
- Lempong, M. 2012. Pohon Aren dan Manfaat Produksinya. *Info Teknis EBONI*. Vol. 9 No. 1 : 37-54.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckley, D.H., & Stahl, D.A. (2015). *Brock Biology of Microorganisms (14th ed.)*. London : Pearson Education.
- Maidangkay, A., & Dosoputranto, E. (2021). Pengaruh Lamanya Fermentasi dan Temperatur Destilasi Nira Aren (*Saguer*) Terhadap Kualitas Bioetanol. *Jurnal Masina Nipake*, 1(1), 47-56
- Mulyati, S. (2018). Implementasi dan Evaluasi Bahan Ajar Praktikum di Sekolah Menengah Atas: Studi Kasus Pembelajaran Bioteknologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 87-98.
- Nurfadilah, R. (2017). Integrasi Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Sains di Sekolah Menengah Atas. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 2(1), 45-56.
- Purwanto, E. (2014). Potensi Minuman Tradisional Tuak sebagai Media Pembelajaran Bioteknologi di Sekolah. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 5(3), 202-210.
- Rahayu, P. W & Nurwitri, C. C. (2012). *Mikrobiologi Pangan*. Bogor : IPB Press
- Setyawan, A.D. (2012). Peran Mikroorganisme dalam Proses Fermentasi Minuman Tradisional: Studi Kasus pada Pembuatan Tuak. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 7(2), 67-75.
- Sinaga, O. T., Fevria, R., Violita, V., & Chatri, M. (2021). Pengaruh suhu terhadap waktu fermentasi nira aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Symbiotic: Journal of Biological Education and Science*, 2 (1), 21-27.

- Soetarno, S. (2010). *Aren, Pohon Seribu Manfaat: Pemanfaatan dan Pengembangan Komoditas Aren di Indonesia*. Bogor : Balai Penelitian Tanaman Palma.
- Sutarno. (2016). Rekayasa Genetik Dan Perkembangan Bioteknologi Di Bidang Peternakan. *Biology Education Conference*, 13(1), 23-27.
- Suparno, P. (2015). Pembelajaran Berbasis Praktikum: Meningkatkan Pemahaman dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa dalam Bioteknologi. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 3(1), 23-31.
- Syarief, R., Hidayat, S., & Supriyadi, S. (2013). Kandungan Gula dan Potensi Air Nira dari Berbagai Varietas Pohon Aren di Indonesia. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 41(2), 89-95.
- Syauqiah, I. (2015). Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Presentase Starter Pada Nira Aren (Arenga Pinnata) Terhadap Bioethanol Yang Dihasilkan. *Info Teknik*. 16 (2), 39 - 47