

**PENYUSUNAN MODUL MIKROBIOLOGI BERBASIS PENELITIAN  
PURIFIKASI DAN UJI AKTIVITAS ENZIM SELULASE  
DARI KAPANG *Trichoderma viride***

<sup>1)</sup>Lailul Putri Fajarwati, <sup>2)</sup>R. Bektikiswardianta, <sup>3)</sup>Pujiati  
<sup>1,2,3)</sup> Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas PGRI Madiun  
Madiun, Jawa Timur

<sup>1)</sup>lailulfajarwati@gmail.com, <sup>2)</sup>bektikiswardianta@gmail.com, <sup>3)</sup>pujiati@unipma.ac.id

***Abstract***

*The module is one of the teaching materials that can help in the learning process. The research-based module contains a combination of theory and research activities, so that students can understand concretely the application of the concepts learned. The purpose of the preparation of microbiology modules based on purification research and the test of cellulite enzyme activity from Trichoderma viride to provide a concrete example of the biotechnology application in the industrial field. The method used in this research is explorative descriptive. The feasibility study of microbiology modules was carried out by two validators namely material experts and experts in education. The module module validation data obtained were analyzed quantitatively descriptively. Results The mean value of the percentage obtained was 88.3% with the criteria of "very feasible".*

**Keywords:** *Research-based module, Purification, Cellulase Enzyme, Trichoderma viride*

**PENDAHULUAN**

Pendidikan merupakan salah satu bidang yang menjadi perhatian khusus oleh pemerintah. Salah satu komitmen pemerintah dalam meningkatkan mutu pendidikan dengan dikeluarkannya Peraturan RI nomor 19 tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan. Pada pasal 19 menyebutkan bahwa proses pembelajaran pada satuan pendidikan diselenggarakan secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik (Indonesia, 2005). Demi tercapainya tujuan pembelajaran, tentunya diperlukan sumber belajar yang menunjang proses pembelajaran. Sumber belajar memiliki kedudukan penting dalam proses belajar mengajar serta ikut menentukan tercapainya tujuan pembelajaran yang telah direncanakan (Nurchahyo, 2007). Bahan ajar memiliki banyak jenis, seperti buku, handout, modul, lks dan semacamnya (Mumtahanah, et al., 2017).

Modul merupakan komponen penting dalam pembelajaran yang dapat membantu kelancaran belajar siswa maupun mahasiswa. Modul adalah sumber belajar berbentuk cetak yang terancang agar dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta pembelajaran. Modul merupakan sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan (Depdiknas, 2008). Menurut Rahdiyanta (2016) karakteristik modul meliputi *self instructional, self contained, stand alone* (berdiri sendiri), adaptif dan *user friendly*. Dengan menggunakan modul, siswa dapat belajar secara mandiri dengan atau tanpa bimbingan guru, adanya kontrol terhadap hasil belajar melalui penggunaan standar kompetensi dalam setiap modul yang harus dicapai oleh siswa, dan mereka

menjadi lebih bertanggung jawab atas segala tindakannya (Setyowati, et al., 2013). Saat ini penyusunan modul mulai dikembangkan berbasis penelitian.

Modul berbasis penelitian memuat perpaduan teori dan kegiatan penelitian, sehingga mahasiswa dapat memahami secara konkrit penerapan konsep yang dipelajari. Penggunaan modul berbasis penelitian juga membantu pencapaian kompetensi matakuliah. Kebutuhan modul berbasis penelitian sangat tinggi, hasil angket mahasiswa yang telah menempuh matakuliah Bioteknologi menunjukkan 85% mahasiswa mengharapkan adanya bahan ajar yang memuat tentang penelitian Bioteknologi (Fitriyati, et al., 2015).

Modul berbasis riset terbukti lebih efektif digunakan dalam pembelajaran. Wismantera (2017) mengungkapkan modul yang disusun berdasarkan penelitian pengaruh filtrat *Azolla microphylla* dan penambahan filtrat kayu manis terhadap kualitas produk nata de soya menunjukkan hasil validasi dengan prosentase 87,8% yang masuk kategori sangat layak. Penelitian kultur sel hewan yang disusun menjadi media pembelajaran berbasis komputer mampu memudahkan mahasiswa dalam memahami substansi bioteknologi yang bersifat abstrak, memiliki daya tarik untuk dipelajari, serta dapat memotivasi mahasiswa untuk lebih memahami secara lebih dalam materi bioteknologi (Nurcahyo, 2007). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa identifikasi bakteri dari limbah cair minyak bumi pada sektor gs chevron kecamatan rimba melintang rokan hilir sebagai modul pembelajaran konsep prokariot pada mata kuliah mikrobiologi dasar memiliki nilai validasi 4,41 dan masuk kategori sangat valid (Sayuti, 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah menyusun modul berbasis penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride*, dengan desain yang menarik, contoh nyata penelitian, serta bahasa yang ringan diharapkan dapat membantu pemahaman dan meningkatkan pola pikir kritis mahasiswa.

## METODE

Penyusunan modul mikrobiologi dilakukan dengan metode deskriptif eksploratif yaitu melakukan purifikasi enzim selulase dan menguji aktivitas serta kadar proteinnya kemudian disusun menjadi modul mikrobiologi. Modul mikrobiologi berbasis penelitian berisi materi dan sebagian hasil penelitian untuk bahan penyusunan modul. Analisis data dilakukan secara kualitatif berdasarkan data yang di dapatkan dari angket validasi. Validasi modul dilakukan oleh validator ahli yaitu ahli materi dan ahli media pembelajaran. Data yang diperoleh dari angket validasi ahli dihitung validitasnya menggunakan rumus (Millah, et al., 2012)

$$\text{Prosentase nilai} : \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

Prosentase nilai yang diperoleh kemudian divalidasi dengan kriteria modul sesuai dengan table berikut:

Tabel 1 Kriteria validasi modul

Skor	Kriteria
0-20%	Tidak Layak
21-40%	Kurang Layak
41-60%	Cukup Layak
61-80%	Layak
81-100%	Sangat Layak

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride* selanjutnya digunakan sebagai bahan untuk menyusun modul berbasis penelitian yang diterapkan di jenjang perguruan tinggi pada mata kuliah mikrobiologi. Penyusunan modul mikrobiologi digunakan sebagai sumber belajar tambahan mahasiswa berbasis penelitian.

Kelayakan modul mikrobiologi berdasarkan validasi yang dilakukan oleh 2 validator yaitu Dosen ahli materi Ir. Ani Sulistryarsi, M.M., M.Si dan Dosen ahli bidang Pendidikan Muh. Waskito Ardhi, S.Pd, M.Pd. Data analisis bahan ajar dapat dilihat pada table 2.

Secara umum, hasil validasi modul yang didapat dari validator ahli materi, dan ahli bidang pendidikan dikategorikan sangat layak. Hal itu dapat dilihat dari rerata total analisis validator. Aspek penilaian yang diujikan terdiri atas tiga aspek antara lain bahasa, isi dan penyajian. Rerata hasil validasi modul oleh validator 1 menunjukkan total skor 50 dengan prosentase 83,3% tergolong kriteria “sangat layak” dan validator 2 menunjukkan total skor 56 dengan prosentase 93,3% masuk dalam kategori “sangat layak”. Rata-rata prosentasi dari kedua validator sebesar 88,3% masuk dalam kategori “sangat layak”. Akan tetapi ada beberapa masukan dan saran dalam modul mikrobiologi ini. Masukan dan saran ahli materi terhadap dan ahli bidang pendidikan modul mikrobiologi berbasis penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride* meliputi:

- a) Penambahan peta konsep, peta konsep akan membantu mahasiswa dalam memahami konsep materi secara ringkas
- b) Pembetulan spasi keterangan gambar

Penambahan sumber pada dokumentasi. Acuan revisi modul mikrobiologi berdasarkan saran dari validator.

Tabel 2 Hasil Validasi Modul

No	Aspek yang dinilai	Skor yang Diperoleh		Skor Maksimal
		V1	V2	
Bahasa				
1	a. Penggunaan bahasa sesuai EYD	3	4	4
	b. Kalimat yang digunakan jelas dan mudah dimengerti	3	4	4
	c. Kejelasan arah dan tujuan	3	4	4
Isi				
2	a. Modul yang disajikan sistematis	4	4	4
	b. Kebenaran isi/materi	3	4	4
	c. Setiap kegiatan memiliki tujuan yang jelas	4	4	4
	d. Kelayakan sebagai perangkat pembelajaran	3	4	4
	e. Penyajian keterangan dan penjelasan dan dilengkapi gambar	4	4	4
Penyajian				
3	a. Kemenarikan sampul	3	3	4
	b. Komposisi warna dan penggunaan gambar	4	3	4
	c. Ukuran huruf dan keterbacaan teks	3	3	4
	d. Kesesuaian penempatan notasi, symbol atau ikon	3	3	4
	e. Keruntutan komponen penyusun modul	3	4	4
	f. Ketersediaan petunjuk	3	4	4
	g. Ketersediaan soal evaluasi	4	4	4
Jumlah Skor		50	56	60
Nilai (%)		83,3	93,3	
Kriteria		Sangat Layak	Sangat Layak	

Hal yang telah diperbaiki disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perbaikan Produk

No	Revisi	Sebelum Revisi	Setelah Revisi
1	Peta konsep	-	<p style="text-align: center;"><b>PETA KONSEP</b></p> <p style="text-align: center;">Enzim Selulase ↓ Mikroorganisma Selulolitik ↓ Bakteri      Fungi ↓                      ↓ Substrat Selulosa      Produk Enzim ↓                      ↓ Produk Enzim      Purifikasi ↓ Uji Aktivitas ↓ Uji Kadar Gula Reduksi      Uji Kadar Protein</p> <p style="text-align: center;">  Modul Purifikasi dan Uji Aktivitas Enzim  </p>
2	Spasi keterangan gambar	<p>Gambar 3.1 Karakter morfologi dan mikroskopis <i>Trichoderma viride</i> Sumber: Viki, 2005.</p> <p><i>Trichoderma viride</i> merupakan salah satu kapang yang dapat memproduksi enzim selulase lengkap yaitu endoselulase dan eksoselulase. Kapang ini tumbuh optimal pada kisaran pH 4-6 suhu 32-35°C. Sedangkan untuk produksi enzim selulase pada kisaran pH 3-4 dan suhu 25-28°C (Arstana, 2009).</p> <p><b>B. Enzim Selulase</b></p> <p>Enzim dikenal untuk pertama kalinya sebagai protein oleh Sumner pada tahun 1926 yang telah berhasil mengisolasi ureasa dari jamur pedang. Tiga tahun 1926 pengamatan tentang enzim amilase, berkembang dengan cepat (Fowdell dan Tills, 1994). Enzim merupakan bagian dari protein yang mengahsilkan reaksi kimia. Enzim juga dapat diartikan sebagai protein katalisator yang memiliki spesifitas terhadap reaksi yang dikatalisis dan molekul yang menjadi substratnya (Ompuranga, dkk., 2014). Enzim berfungsi sebagai katalisator, yaitu senyawa yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia. Suatu enzim dapat mempercepat reaksi dibandingkan</p> <p style="text-align: center;">  Modul Purifikasi dan Uji Aktivitas Enzim  </p>	<p>Gambar 3.1 Karakter morfologi dan mikroskopis <i>Trichoderma viride</i>, 2005.</p> <p><i>Trichoderma viride</i> merupakan salah satu kapang yang dapat memproduksi enzim selulase lengkap yaitu endoselulase dan eksoselulase. Kapang ini tumbuh optimal pada kisaran pH 4-6 suhu 32-35°C. Sedangkan untuk produksi enzim selulase pada kisaran pH 3-4 dan suhu 25-28°C (Arstana, 2009).</p> <p><b>B. Enzim Selulase</b></p> <p>Enzim dikenal untuk pertama kalinya sebagai protein oleh Sumner pada tahun 1926 yang telah berhasil mengisolasi ureasa dari jamur pedang. Tiga tahun 1926 pengamatan tentang enzim amilase, berkembang dengan cepat (Fowdell dan Tills, 1994). Enzim merupakan bagian dari protein yang mengahsilkan reaksi kimia. Enzim juga dapat diartikan sebagai protein katalisator yang memiliki spesifitas terhadap reaksi yang dikatalisis dan molekul yang menjadi substratnya (Ompuranga, dkk., 2014). Enzim berfungsi sebagai katalisator, yaitu senyawa yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia. Suatu enzim dapat mempercepat reaksi dibandingkan</p> <p style="text-align: center;">  Modul Purifikasi dan Uji Aktivitas Enzim  </p>
3	Sumber dokumentasi	<p>Gambar 3.2 <i>Fusarium moniliforme</i> alkali Sumber: Dokumentasi Pribadi</p> <p>8. Menyirupan di lemari pendingin selama semalam. 9. Menentralkan pada kecepatan 3.000 rpm selama 20 menit.</p> <p>Gambar 3.3 <i>Saccharomyces</i></p> <p>10. Memisahkan nata dan supernatant</p> <p>Gambar 3.4 nata dan supernatant Sumber: Dokumentasi Pribadi</p> <p style="text-align: center;">  Modul Purifikasi dan Uji Aktivitas Enzim  </p>	<p>Gambar 3.2 <i>Fusarium moniliforme</i> alkali Sumber: Dokumentasi Pribadi</p> <p>8. Menyirupan di lemari pendingin selama semalam. 9. Menentralkan pada kecepatan 3.000 rpm selama 20 menit.</p> <p>Gambar 3.3 <i>Saccharomyces</i> Sumber: Dokumentasi Pribadi</p> <p>10. Memisahkan nata dan supernatant</p> <p>Gambar 3.4 nata dan supernatant Sumber: Dokumentasi Pribadi</p> <p style="text-align: center;">  Modul Purifikasi dan Uji Aktivitas Enzim  </p>

Pada modul mikrobiologi ini berisi prinsip dan teknik aplikasi bioteknologi mikrobiologi dalam dalam bidang industri berupa produksi dan purifikasi enzim dengan memanfaatkan mikroorganisme berupa kapang *Trichoderma viride*. Aplikasi bioteknologi dalam bidang industri merupakan salah satu kompetensi peran bioteknologi dalam masyarakat.

Penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride* yang sudah tervalidasi masih memiliki kelebihan dan keterbatasan. Kelebihan modul ini yaitu, 1) penggunaan mikroorganisme lokal, 2) kegiatan belajar disusun sistematis sesuai dengan prosedur penelitian sehingga memudahkan mahasiswa mempelajari secara mandiri, 3) Evaluasi pada setiap bahasan pokok materi sehingga dapat mengukur keberhasilan siswa dalam mempelajari modul. Sedangkan keterbatasan modul ini yaitu 1) hanya menyajikan teknik purifikasi dengan metode ammonium sulfat, uji kadar gula reduksi metode Dinitrosalisilat (DNS) dan uji kadar protein dengan metode Badford, 2) uji lapangan belum dilakukan sehingga keefektifan modul mikrobiologi berbasis penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride* kepada mahasiswa belum diketahui, 3) penyebarluasan modul belum dilaksanakan.

Penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride* memberikan contoh nyata aplikasi bioteknologi dalam bidang industri. Diharapkan dengan adanya contoh nyata berupa penelitian dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep, prinsip dan materi mikrobiologi khususnya pada materi peranan enzim, serta modul mikrobiologi ini dapat dijadikan rujukan dalam proses pembelajaran.

## **SIMPULAN**

Penyusun bahan modul mikrobiologi berbasis penelitian purifikasi dan uji aktivitas enzim selulase dari kapang *Trichoderma viride* memiliki rerata prosentase 88,3% dan masuk kategori “sangat layak” dan dapat digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada mata kuliah mikrobiologi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Depdiknas, T. P. M., & yang Efektif, K. B. M. (2008). Jakarta. *Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah*.
- Fitriyati, U., Mufti, N., & Lestari, U. (2015). Pengembangan Modul Berbasis Riset Pada Matakuliah Bioteknologi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 3(3), 118-129.
- Indonesia, P. R. (2005). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 19 tahun 2005 tentang standar nasional pendidikan. Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.
- Mumtahanah, M., Primiani, C. N., & Ardhi, M. W. (2017). Penyusunan Bahan Ajar Bioteknologi Berbasis Penelitian Uji Fermentasi Pada Kombucha Dengan Berbagai Jenis Bahan Alam Lokal. In *Prosiding Seminar Nasional SIMBIOSIS* (Vol. 2).

- Nurcahyo, H., & Kes, M. (2007). Model Pengembangan Kompetensi Mahasiswa Calon Guru dalam Mengajar Bioteknologi dengan Mengoptimalkan Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis Komputer.
- Rahdiyanta, D. (2016). Teknik Penyusunan Modul. Artikel.(Online) <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/drdwi-rahdiyanta-mpd/20-teknikpenyusunan-modul.pdf>. diakses, 10.
- Sayuti, I., & Wulandari, S. (2018). Identifikasi bakteri dari limbah cair minyak bumi pada sektor gs chevron kecamatan rimba melintang rokan hilir sebagai modul pembelajaran konsep prokariot pada mata kuliah mikrobiologi dasar. *Biogenesis (jurnal pendidikan sains dan biologI)*, 12(1), 39-46.
- Setyowati, R., Parmin, P., & Widiyatmoko, A. (2013). Pengembangan modul IPA berkarakter peduli lingkungan tema polusi sebagai bahan ajar siswa SMK N 11 Semarang. *Unnes Science Education Journal*, 2(2).
- Wismantara, H. R., Amin, M., & Purwanti, E. (2017). Pengaruh filtrat azolla microphylla dan penambahan filtrat kayu manis terhadap kualitas produk nata de soya serta pengembangannya sebagai modul biologi berbasis riset untuk siswa kelas xii sma/ma. Research Report

