

# PENGEMBANGAN BUKU AJAR BIOTEKNOLOGI BERBASIS PENELITIAN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM UNTUK MAHASISWA S1 BIOLOGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Agung Pambudiono, Endang Suarsini, Mohamad Amin  
Pendidikan Biologi Pascasarjana-Universitas Negeri Malang  
Jalan Semarang 5 Malang. E-mail: pambioinfor07@gmail.com

**Abstract:** The purpose of this research is to produce research based textbook on bioremediation of heavy metals. This study adapted the Dick & Carey development model. Feasibility of the textbook is based on the results of product testing by experts and small groups. Types of data collected is quantitative data and qualitative data. The collected data have analyzed by quantitative and qualitative descriptive. The tests conducted by subject matter experts gave validity percentage of 91.6 %, an expert assessment of the media at 90.81 %, while a small group votes for 85.56 %. Based on the validation results, the textbook that has been developed is very valid and feasible to be used.

**Keywords:** textbook, Dick & Carey, biotechnology, bioremediation

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan buku ajar berbasis penelitian tentang bioremediasi logam berat. Penelitian ini mengadaptasi model pengembangan Dick & Carey. Kelayakan buku ajar didasarkan pada hasil uji coba produk oleh tim ahli dan kelompok kecil. Jenis data yang dikumpulkan adalah data kuantitatif dan data kualitatif. Data yang telah terkumpul dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil validasi yang dilakukan oleh ahli materi memberikan nilai persentase kevalidan buku ajar sebesar 91.6%, penilaian dari ahli media sebesar 90.81%. sedangkan penilaian kelompok kecil sebesar 85.56%. Berdasarkan hasil validasi maka buku ajar yang dikembangkan dikategorikan sangat valid dan layak untuk dipergunakan.

**Kata kunci:** buku ajar, Dick & Carey, bioteknologi, bioremediasi

Proses pembelajaran dalam pendidikan tinggi harus didukung oleh ketersediaan berbagai sumber belajar. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi pasal 41 Ayat 1 juga mengamanatkan bahwa sumber belajar pada lingkungan pendidikan tinggi wajib disediakan, difasilitasi, atau dimiliki oleh Perguruan Tinggi sesuai dengan Program Studi yang dikembangkan. Pada dasarnya sumber belajar merupakan segala sesuatu yang berupa benda, orang, data, fakta, ide, dan sebagainya yang bisa menimbulkan proses belajar (Prastowo, 2015). Keberadaan sumber belajar sangat melimpah sehingga setiap saat dapat dimanfaatkan atau mengolahnya menjadi bahan ajar yang menarik dan inovatif.

Bahan ajar merupakan segala bahan yang baik berupa informasi, alat, maupun ajar yang tersusun secara sistematis yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik dan digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran (Prastowo, 2015). Bahan ajar memiliki berbagai bentuk dan jenis. Salah satu bahan ajar berbentuk cetak yang sering digunakan oleh siswa adalah buku ajar. Buku ajar merupakan seperangkat materi substansi pelajaran yang disusun secara sistematis menampilkan keutuhan dari kompetensi yang akan dikuasai oleh siswa dalam kegiatan pembelajaran (Millah *et al.*, 2012). Buku ajar digunakan dalam berbagai jenjang pendidikan termasuk dalam jenjang pendidikan tinggi.

Pada pendidikan tinggi, buku ajar disusun untuk membantu dosen dan mahasiswa dalam perkuliahan. Menurut Priyanto (2012), buku ajar digunakan oleh dosen sebagai sumber acuan dalam pelaksanaan proses pembelajaran bagi mahasiswanya. Keberadaan buku ajar dalam perkuliahan akan mempermudah mahasiswa memperoleh materi-materi yang dipelajari dalam perkuliahan. Selain itu, dalam proses pembelajaran di zaman kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, guru/dosen maupun siswa/mahasiswa tidak dapat hanya menggunakan suatu buku pegangan saja, tetapi dituntut untuk membaca berbagai buku yang relevan dengan apa yang akan diajarkan atau yang akan dipelajari (Hanifah, 2014). Oleh karena itu, ketersediaan buku ajar pada jenjang pendidikan tinggi merupakan salah satu komponen penting dalam perkuliahan.

Kebutuhan akan buku ajar masih diperlukan oleh mahasiswa Biologi Universitas Negeri Malang pada matakuliah Bioteknologi terutama pada materi bioremediasi logam berat. Materi tentang bioremediasi logam berat membahas teori serta aplikasinya dalam kehidupan. Namun demikian, hasil analisa kebutuhan memberikan informasi bahwa sumber belajar untuk mempelajari materi tersebut masih sulit untuk diperoleh mahasiswa. Sumber belajar yang telah digunakan adalah buku teks berbahasa Inggris, artikel dari jurnal, dan sumber lain dari internet. Sumber belajar yang paling sering digunakan ialah sumber dari blog di internet yang kurang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.

Hasil analisis kebutuhan juga menjelaskan bahwa seluruh responden menyatakan sependapat jika dikembangkan buku ajar yang berbasis penelitian. Buku ajar berbasis penelitian selain menyajikan materi yang mengkaji teori juga memberikan gambaran aplikasi-aplikasi teori tersebut bentuk penelitian. Lebih lanjut diperoleh informasi bahwa buku ajar yang dikembangkan hendaknya dikemas secara menarik, lengkap, terstruktur, dan dilengkapi dengan ilustrasi atau gambar yang relevan. Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disajikan, tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan buku ajar berbasis penelitian yang membahas materi tentang bioremediasi logam berat.

### METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian pengembangan yaitu pengembangan buku ajar Bioteknologi pada materi bioremediasi logam berat dengan mengadaptasi model pengembangan Dick & Carey (2009). Model pengembangan Dick and Carry (2009) memiliki sepuluh tahapan yaitu *identify instructional goal, conduct instructional analysis, analyze learner and context, write performance objectives, develop assessment instrument, develop instructional strategy, develop and select instructional materials, design and conduct formative evaluation of instruction, revise instruction, dan design and conduct summative evaluation*. Namun demikian, pada penelitian ini dibatasi hingga sembilan tahapan karena keterbatasan waktu penelitian dan pengembangan.

Tahap *Identify Instructional Goal* dilakukan untuk menentukan informasi atau kemampuan apa yang didapatkan pebelajar setelah menggunakan produk yang dikembangkan. Aspek-aspek tersebut dapat diwujudkan dalam tujuan pembelajaran. Tahap yang kedua yaitu *Conduct Instructional Analysis*, yaitu untuk menentukan keterampilan, pengetahuan, dan sikap yang harus dikuasai peserta didik sebelum mempelajari materi atau mengikuti instruksi berikutnya yang ada dalam produk yang dikembangkan. Tahap *Analyze Learner and Context* merupakan tahapan analisis terhadap peserta didik terutama terkait cara mereka belajar dan konteks yang mereka gunakan dalam belajar sebelumnya. Tahapan keempat *Write Performance Objectives* dilakukan untuk menentukan tujuan performansi atau tujuan perilaku (*behavioral objectives*). *Develop Assessment Instrument* merupakan tahapan yang dilakukan adalah mengembangkan assessmen untuk mengukur kemampuan peserta didik sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan. *Develop Instructional Strategy* yang merupakan tahapan keenam ini dilakukan untuk menentukan strategi dalam pengorganisasian isi produk yang dikembangkan. Tahap selanjutnya yaitu *Develop and Select Instructional Materials*, untuk menyusun isi yang ada dalam produk yang dikembangkan termasuk petunjuk bagi pebelajar, materi, dan assessmen. *Design and Conduct Formative Evaluation of Instruction* yaitu tahapan untuk melakukan evaluasi terhadap produk yang telah dikembangkan. Tahapan yang terakhir dalam penelitian ini yaitu *Revise Instruction* yaitu tahapan perbaikan produk pengembangan sesuai saran yang diperoleh dari tahapan sebelumnya.

Kelayakan buku ajar didasarkan pada tahapan kedelapan yaitu hasil uji coba produk. Uji coba produk pada penelitian ini dilakukan oleh kelompok ahli dan kelompok kecil. Kelompok ahli terdiri atas ahli materi dan ahli pengembangan media. Kelompok kecil adalah peserta didik yang berjumlah 15 orang yaitu perwakilan dari mahasiswa Biologi Universitas Negeri Malang yang telah menempuh matakuliah bioteknologi. Jenis data yang dikumpulkan pada penelitian pengembangan ini adalah data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari pengumpulan skor hasil pengisian lembar validasi yang dilakukan oleh para validator yaitu tim ahli dan kelompok kecil. Lembar validasi berisi beberapa item yang akan diperiksa oleh validator. Validator akan memberikan skor pada rentangan 1 sampai 5 dengan memberikan tanda centang (√) pada kolom kriteria yang sesuai seperti Tabel 1. Selain pemberian skor, validator juga memberikan komentar dan saran yang digunakan sebagai sumber data kualitatif.

**Tabel 1. Kriteria Skor Validasi pada Angket**

Skor	Kriteria
5	sangat sesuai/ sangat menarik/ sangat jelas/ sangat baik/ sangat setuju
4	sesuai/ menarik/ jelas/ baik/ setuju
3	cukup sesuai/ cukup menarik/ cukup jelas/ cukup baik/ cukup setuju
2	kurang sesuai/ kurang menarik/ kurang jelas/ kurang baik/ kurang setuju
1	tidak sesuai/ tidak menarik/ tidak jelas/ tidak baik/ tidak setuju

Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif dari hasil pengisian lembar validasi diprosentasekan dengan rumus (1) dan selanjutnya dibandingkan dengan kriteria kevalidan menurut Akbar & Sriwijaya (2013) yang tertera pada Tabel 2. Analisis secara deskriptif kualitatif dilakukan terhadap data kualitatif yang berupa komentar dan saran yang diberikan validator pada lembar.

$$P = \frac{TSe}{TSh} \times 100\% \quad (1)$$

**Keterangan:**

P : Presentase kevalidan  
TSe : Total skor yang dicapai  
TSh : Total skor yang diharapkan

**Tabel 2. Kriteria Kevalidan Data Hasil Penilaian Validator**

Persentase (%)	Kriteria Validitas	Tingkat Validitas
85.01% - 100.00%	Sangat valid	Sangat valid atau dapat digunakan namun perlu direvisi
70.01% - 85.00%	Valid	Valid atau dapat digunakan namun perlu direvisi
50.01% - 70.00%	Kurang valid	Kurang valid disarankan tidak dipergunakan karena perlu revisi besar
01.00% - 50.00%	Tidak valid	Tidak valid atau tidak boleh digunakan

(Diadaptasi dari Akbar & Sriwijaya, 2013)

## HASIL

Hasil penelitian dan pengembangan berdasarkan model pengembangan Dick & Carey (2009) yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

### *Identify Instructional Goal*

Berdasarkan telaah kurikulum dan kajian pendahuluan maka tujuan pembelajaran yang diharapkan tercapai oleh mahasiswa setelah menggunakan buku ajar tentang bioremediasi logam berat dijabarkan sebagai berikut.

- 1) Menjelaskan prinsip-prinsip dan pengembangan bioteknologi dalam bidang bioremediasi logam berat dengan benar
- 2) Menjelaskan peran bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat dengan benar
- 3) Menerapkan prinsip dan prosedur isolasi bakteri indigen potensial pengkelat logam berat dengan benar.
- 4) Menerapkan prinsip dan prosedur isolasi gen potensial pada bakteri pengkelat logam berat dengan benar

### *Conduct Instructional Analysis*

Berdasarkan tujuan yang telah disusun pada tahap sebelumnya, beberapa perkuliahan atau materi sebelumnya yang harus dikuasai peserta didik antara lain yaitu biologi umum, teknik laboratorium, biologi sel, mikrobiologi, biokimia, serta genetika.

### *Analyze Learner and Context*

Hasil analisis terhadap karakter peserta didik dalam perkuliahan bioteknologi diperoleh informasi bahwa secara umum perkuliahan dilaksanakan dengan diskusi presentasi. Mahasiswa memiliki motivasi yang tinggi untuk mempelajari materi tentang bioteknologi. Hal tersebut terlihat dari keaktifan saat diskusi dan tanya jawab. Selain itu, mahasiswa memiliki minat yang tinggi untuk menerapkan teori-teori dalam perkuliahan seperti dengan mencobanya melalui kegiatan praktikum.

Hasil analisis terhadap konteks yang dibutuhkan diperoleh informasi bahwa sumber belajar sebagai bahan diskusi terutama materi tentang bioremediasi logam berat masih kurang. Sumber belajar tentang materi bioremediasi terutama logam berat masih sulit diperoleh. Mahasiswa mengandalkan sumber-sumber dari blog di internet. Hasil penyebaran angket menunjukkan bahwa semua mahasiswa setuju untuk dikembangkan buku ajar berbasis penelitian tentang logam berat. Buku ajar berbasis penelitian tentang logam berat selain menyajikan teori juga memberikan gambaran tentang penerapan teori yang disajikan dalam contoh penelitian.

### *Write Performance Objectives*

Kemampuan mahasiswa yang diharapkan berdasarkan tujuan pembelajaran dijabarkan pada **Tabel 3**.

### *Develop Assessment Instrument*

Butir evaluasi yang dikembangkan berbentuk soal esai yang terdapat pada bagian akhir setiap Bab. Butir evaluasi dikembangkan mengacu pada tujuan pembelajaran dan indikator yang telah dikembangkan sebelumnya

**Tabel 3. Identifikasi Kemampuan Berdasarkan Tujuan Pembelajaran**

No.	Tujuan Pembelajaran	Kemampuan/ Indikator Kompetensi
1	Mahasiswa dapat menjelaskan prinsip-prinsip dan pengembangan bioteknologi dalam bidang bioremediasi logam berat dengan benar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan pengertian logam berat, pencemarannya serta dampaknya.</li> <li>2. Menjelaskan peran bioteknologi dalam upaya mengatasi pencemaran logam berat</li> <li>3. Menjelaskan pengertian bioremediasi logam berat</li> </ol>
2	Mahasiswa dapat menjelaskan peran bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat dengan benar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan berbagai mekanisme interaksi bakteri dengan logam berat.</li> <li>2. Menjelaskan pemanfaatan bakteri dalam upaya remediasi lingkungan dari pencemaran logam berat.</li> <li>3. Membedakan prinsip biostimulasi dan bioaugmentasi</li> <li>4. Menjelaskan manfaat konsorsium bakteri sebagai agen bioremediasi</li> </ol>
3	Mahasiswa dapat menerapkan prinsip dan prosedur isolasi bakteri indigen potensial pengkelat logam berat dengan benar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan prinsip dasar isolasi bakteri indigen</li> <li>2. Menyebutkan alat dan bahan yang digunakan dalam isolasi bakteri</li> <li>3. Menghitung komposisi bahan untuk pembuatan media</li> <li>4. Menjelaskan prosedur pembuatan media selektif</li> <li>5. Menjelaskan tahapan isolasi bakteri indigen</li> <li>6. Menjelaskan prosedur karakterisasi isolat bakteri indigen potensial</li> <li>7. Menjelaskan prosedur uji potensi isolat bakteri pengkelat logam berat</li> </ol>
4	Mahasiswa dapat menerapkan prinsip dan prosedur isolasi gen potensial pada bakteri pengkelat logam berat dengan benar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menjelaskan peran protein metallothionein pada bakteri</li> <li>2. Menyebutkan alat dan bahan yang diperlukan dalam isolasi gen bakteri</li> <li>3. Menjelaskan prinsip dan prosedur isolasi DNA genom bakteri</li> <li>4. Menjelaskan prinsip dan prosedur uji kualitatif dan uji kuantitatif DNA isolat</li> <li>5. Menjelaskan prinsip dan prosedur <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)</li> <li>6. Menjelaskan prinsip sekuensing DNA</li> <li>7. Menjelaskan prosedur analisis hasil sekuensing DNA</li> </ol>

#### *Develop Instructional Strategy*

Secara umum, isi dalam buku ajar dibagi menjadi 3 bagian, yaitu pendahuluan, halaman isi, dan penutup. Bagian pendahuluan merupakan bagian paling awal buku dan terdiri atas halaman judul, pengantar, daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel. Bagian yang utama yaitu halaman isi yang berisi uraian materi setiap bab yang disertai dengan ilustrasi materi. Pada setiap bab diakhiri dengan rangkuman, soal evaluasi, serta daftar pustaka. Bagian yang paling akhir yaitu penutup terdiri atas glosarium dan lampiran.

#### *Develop and Select Instructional Materials*

Secara umum, buku ajar yang dikembangkan berisi materi seperti yang disajikan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Isi Materi pada Buku Ajar yang Dikembangkan**

Bab	Materi	Sub-Materi
I	Bioteknologi-Bioremediasi Logam Berat	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) Pencemaran Logam Berat</li> <li>b) Prinsip Bioteknologi – Bioremediasi</li> <li>c) Penerapan Bioteknologi dalam Upaya Remediasi Logam Berat</li> </ol>
II	Bakteri sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) Mekanisme Interaksi Bakteri dengan Logam Berat</li> <li>b) Pemanfaatan Bakteri dalam Upaya Remediasi Logam Berat</li> </ol>
III	Isolasi Bakteri Indigen Pengkelat Logam Berat	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) Prinsip Dasar Isolasi Bakteri</li> <li>b) Alat dan Bahan Isolasi Bakteri Indigen</li> <li>c) Pembuatan Medium Isolasi Bakteri</li> <li>d) Prosedur Isolasi Bakteri Indigen</li> <li>e) Karakterisasi Bakteri Indigen</li> <li>f) Uji Potensi Bakteri Indigen Mereduksi Logam Berat</li> <li>g) Contoh Hasil Isolasi Bakteri Indigen</li> </ol>
IV	Isolasi Gen pada Bakteri Potensial Pengkelat Logam Berat	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) Metallothionein</li> <li>b) Isolasi DNA Bakteri</li> <li>c) Uji Kualitatif dan Uji Kuantitatif DNA Isolat</li> <li>d) <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)</li> <li>e) Sekuensing DNA</li> <li>f) Contoh Hasil Isolasi Gen <i>smtAB</i></li> </ol>

**Design and Conduct Formative Evaluation of Instruction**

Hasil penilaian produk berupa buku ajar secara kuantitatif dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu hasil validasi ahli materi (Tabel 5), hasil validasi ahli media (Tabel 6), dan hasil uji coba kelompok kecil (Tabel 7). Selain itu, hasil penilaian secara kualitatif dari validator ahli materi, validator ahli media, dan uji coba kelompok kecil disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 5. Rekapitulasi Data Hasil Validasi dari Ahli Materi**

No.	Bagian yang Dinilai	Aspek Penilaian	$\sum X$	$\sum Xi$	%	Kategori
1.	BAB 1 bioteknologi-bioremediasi logam berat	Keterkaitan	8	10	80	Valid
		Keakuratan	20	20	100	Sangat valid
		Kemudahan	9	10	90	Sangat valid
		Kelengkapan	14	15	93.34	Sangat valid
2.	BAB 2 bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat	Keterkaitan	9	10	90	Sangat valid
		Keakuratan	20	20	100	Sangat valid
		Kemudahan	9	10	90	Sangat valid
		Kelengkapan	13	15	86.67	Sangat valid
3.	BAB 3 isolasi bakteri indigen potensial pengkelat logam berat	Keterkaitan	13	15	86.67	Sangat valid
		Keakuratan	19	20	95	Sangat valid
		Kemudahan	14	15	93.34	Sangat valid
		Kelengkapan	12	15	80	Valid
4.	BAB 4 isolasi gen pada bakteri potensial pengkelat logam berat	Keterkaitan	9	10	90	Sangat valid
		Keakuratan	17	20	85	Sangat valid
		Kemudahan	14	15	93.34	Sangat valid
		Kelengkapan	14	15	93.34	Sangat valid
5.	Glosarium	Keakuratan	5	5	100	Sangat valid
		Kemudahan	5	5	100	Sangat valid
		Kelengkapan	5	5	100	Sangat valid
Jumlah			229	250	91.6	Sangat valid

**Tabel 6. Rekapitulasi Data Hasil Validasi dari Ahli Media Pembelajaran**

No.	Bagian yang Dinilai	Aspek Penilaian	$\sum X$	$\sum Xi$	%	Kategori
1.	Desain Sampul Buku	Tipografi sampul buku	35	40	87.5	Sangat valid
		Tata letak				
2.	Desain Isi Buku	Pencerminan isi buku	58	65	89.23	Sangat valid
		Keharmonisan tata letak				
		Kelengkapan tata letak				
		Tipografi isi buku				
3.	Kaidah Penulisan	Ilustrasi isi	47	50	94.00	Sangat valid
		Tampilan buku				
		Penggunaan bahasa				
		Struktur buku				
		Keterbacaan				
4.	Kelayakan Penyajian	Etika penulisan	28	30	93.34	Sangat valid
		Bagian depan				
		Bagian isi				
Jumlah			168	185	90.81	Sangat valid

**Tabel 7. Rekapitulasi Data Hasil Validasi dari Kelompok Kecil**

No.	Aspek yang Dinilai	$\sum X$	$\sum Xi$	%	Kategori
1.	Kemenarikan	256	300	85.33	Sangat valid
2.	Keterpahaman	205	240	85.42	Sangat valid
3.	Kemudahan	155	180	86.11	Sangat valid
Jumlah		616	720	85.56	Sangat valid

**Tabel 8. Rekapitulasi Data Kualitatif Hasil Validasi dari Tim Ahli dan Kelompok Kecil**

No.	Validator	Komentar
1.	Ahli Materi	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Penulisan daftar rujukan sesuaikan PPKI.</li> <li>b) Pada BAB I tambahkan tentang sumber pencemaran logam Cd.</li> <li>c) Pada setiap bagian prosedural/percobaan tambahkan tujuan percobaan.</li> <li>d) Perjelas Gambar 2.4.</li> <li>e) Perhatikan susunan kalimat (SPOK)</li> <li>f) Cara penulisan tabel sesuaikan dengan PPKI</li> <li>g) Keterangan pada Gambar 3.7 belum jelas</li> </ul>
2.	Ahli Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Penempatan gambar pada sampul jangan seperti diagram alir, pilih gambar yang relevan dan ukuran diperbesar.</li> <li>b) Pada sampul ditambahkan logo UM dan prodi pengembang buku ajar yang diletakkan pada bagian bawah sampul.</li> <li>c) Tulisan “Buku Ajar Bioremediasi Logam Berat Kadmium (Cd)” terlalu kecil.</li> <li>d) Nama penulis dan editor diletakkan dibawah judul buku.</li> <li>e) Kalimat perintah pada bagian evaluasi diperbaiki.</li> <li>f) Penulisan daftar rujukan harus konsisten.</li> <li>g) Paragraf pada bagian rangkuman jangan terlalu panjang. Hendaknya dibagi lagi menjadi beberapa paragraf.</li> <li>h) Tiap ilustrasi atau gambar harus ada keterangan se jelas mungkin.</li> <li>i) Resensi buku hendaknya berisi ulasan isi buku tidaknya hanya judul bab yang ada pada buku.</li> <li>j) Resensi dan biodata penulis pada bagian sampul belakang hendaknya ditulis lebih kontras dengan warna sampul.</li> </ul>
3.	Kelompok Kecil	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sebaiknya kertas yang digunakan agak tebal agar halaman selanjutnya tidak tembus pandang.</li> <li>b) Sampul kurang menarik.</li> <li>c) Buku sudah sangat baik, mudah dibaca, menarik, dan terdapat kegiatan yang dapat dipraktikan oleh mahasiswa.</li> <li>d) Beberapa gambar masih belum jelas.</li> <li>e) Warna buku terlalu didominasi warna hijau</li> <li>f) Urutan halaman dipriksa kembali sebelum dijilid.</li> <li>g) Sudah baik, tetapi tulisan-tulisan pada sampul belakang lebih dkecilkan</li> <li>h) Gambar sampul lebih disesuaikan dengan isi materi.</li> <li>i) Utamakan penggunaan gambar yang kontekstual.</li> <li>j) Buku sudah baik dan menarik.</li> </ul>

#### ***Revise Instruction***

Proses revisi dilakukan dengan mengacu pada hasil validasi pada tahap sebelumnya. Kritik, saran, dan tambahan lainnya dijadikan pertimbangan bagi pengembang untuk menyempurnakan produk yang telah dikembangkan.

### **PEMBAHASAN**

#### **Kajian Produk setelah Revisi**

Produk yang telah dikembangkan pada penelitian ini adalah produk berupa buku ajar. Buku ajar yang telah disusun berdasarkan dari hasil penelitian tentang bioremediasi logam berat kadmium yang telah dilakukan peneliti. Judul buku ajar yang telah dikembangkan ialah “Bioteknologi: Buku Ajar Bioremediasi Logam Berat Kadmium”. Sesuai dengan Panduan Pengajuan Usulan Program Insentif Penulisan Buku Ajar Perguruan Tinggi Tahun 2015, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi memberikan ketetapan bahwa unsur-unsur yang terdapat dalam buku ajar antara lain: (1) Prakata, (2) Daftar Isi, (3) Batang tubuh yang terbagi dalam bab atau bagian, (4) Daftar Pustaka, dan (5) Glosarium. Pada buku ajar yang telah dikembangkan, bagian awal buku terdiri atas sampul buku, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, dan daftar tabel. Bagian batang tubuh atau inti terbagi menjadi empat Bab (Tabel 4). Selain itu, pada tiap Bab juga dilengkapi dengan rangkuman materi, soal evaluasi, dan daftar rujukan. Glosarium terdapat pada bagian akhir buku sebagai penutup dari keseluruhan isi buku.

Buku ajar yang dikembangkan berdasarkan penelitian akan bersifat lebih aplikatif. Menurut Primiani (2014) pengembangan buku ajar hasil penelitian merupakan salah satu kegiatan yang dapat memperluas dan memperdalam materi yang lebih aplikatif. Selain itu, pengguna buku ajar juga akan memperoleh gambaran materi pembelajaran yang lebih kontekstual. Hal tersebut penting karena pembelajaran kontekstual membantu siswa menemukan ide-ide kreatif dalam proses pembelajaran melalui penemuan, penguatan dan keterhubungan dalam dunia nyata yang secara angung dialami oleh siswa,

siswa akan bekerja keras untuk mencapai tujuan pembelajarannya dengan menggunakan pengalaman dan pengetahuan sebelumnya untuk membangun pengetahuan baru selanjutnya siswa memanfaatkan kembali pemahaman dan kemampuannya dalam konteks di luar pembelajaran sehingga siswa akan mudah memahami dan mengingat apa yang dipelajarinya (Lepiyanto & Pratiwi, 2015). Materi yang disajikan dalam buku ajar juga merupakan materi yang mutakhir dan bermanfaat untuk perkembangan bioteknologi di masa depan yaitu tentang pemanfaatan bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat dan isolasi gen potensial. Selain itu, pengembangan bahan ajar yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat belajarnya adalah usaha terbaik untuk meningkatkan hasil belajar (Hera *et al.*, 2014).

Buku gambar yang dikembangkan juga dilengkapi dengan gambar atau ilustrasi, terutama foto-foto hasil penelitian. Hal tersebut penting untuk dilakukan karena keberadaan gambar atau ilustrasi dapat membantu pembaca untuk memahami atau pesan materi yang disajikan. Menurut Suswina (2011) pembelajaran terkait biologi sarat dengan gambar untuk menjelaskan struktur maupun proses, sehingga biologi tanpa gambar tidak akan memberikan pemahaman dengan baik bagi yang mempelajarinya. Situmorang (2013) juga menjelaskan bahwa buku ajar yang baik harus mampu memotivasi pembelajar dengan memanfaatkan hal-hal menarik seperti gambar, ilustrasi, contoh soal (kasus), memiliki materi yang mencukupi untuk mendukung pengajaran, dan dapat digunakan untuk mendukung kegiatan pemecahan masalah. Hanifah (2014) juga menyatakan bahwa sebaiknya buku ajar memuat ilustrasi yang menarik hati pembelajar yang memanfaatkannya dengan layout dan gambar yang sesuai dengan umur sehingga adanya ketercapaian tujuan dari buku ajar tersebut.

Pada penelitian ini, buku ajar yang dikembangkan telah melalui tahap validasi, yaitu validasi oleh para ahli dan validasi dari uji kelompok kecil. Validasi yang dilakukan oleh ahli materi memberikan nilai persentase kevalidan buku ajar sebesar 91.6%, penilaian dari ahli media memberikan nilai persentase kevalidan buku ajar sebesar 90.81%, sedangkan hasil rekapitulasi penilaian dari uji kelompok kecil memberikan nilai presentase kevalidan sebesar 85.56%. Hasil tersebut menunjukkan nilai kevalidan yang tinggi. Berdasarkan kriteria kevalidan (Akbar & Sriwijaya, 2013), maka buku ajar yang dikembangkan dikategorikan sangat valid dan layak untuk digunakan.

Buku ajar dapat dinyatakan valid dan layak untuk digunakan setelah melalui tahap validasi dan uji coba. Hasil penilaian dari validator dan uji coba selanjutnya dibandingkan dengan kriteria kevalidan atau keefektivan yang digunakan. Hasil penelitian tentang buku ajar telah dilaporkan oleh Primiani (2014) bahwa buku ajar berbasis penelitian bahan alam lokal yang telah dikembangkan memperoleh penilaian dari ahli isi materi matakuliah sebesar 94,25%, ahli media dan desain pembelajaran sebesar 93,14%, sedangkan hasil uji coba kelompok sedang diperoleh nilai sebesar 93,26% sehingga buku ajar yang dikembangkan dinyatakan sangat baik untuk digunakan. Penelitian lain juga telah dilaporkan oleh Muriati (2014) bahwa berdasarkan penilaian ahli isi matakuliah dan ahli media, bahan ajar yang dikembangkan dinyatakan sangat baik dengan presentase nilai di atas 80%, dan dinyatakan cukup efisien untuk digunakan berdasarkan hasil uji coba kelompok kecil dengan prosentase nilai sebesar 72.62%.

Buku ajar yang dikembangkan juga telah melalui tahap perbaikan yang didasarkan pada saran dan komentar yang diberikan oleh para validator, baik validator ahli maupun kelompok kecil. Perbaikan telah dilakukan baik dari segi tampilan, isi atau konten materi, maupun dari segi tata tulis. Dari segi tampilan, buku ajar yang dikembangkan hendaknya memiliki desain format kulit yang baik, warna yang terang, menggunakan kertas putih, dan cetakan yang jelas (Priyanto, 2012). Tampilan buku ajar yang baik dapat menarik minat dan motivasi pembaca untuk membacanya.

Proses perbaikan juga telah dilakukan terkait dengan tata tulis dan bahasa. Priyanto (2012) menjelaskan bahwa penulis buku ajar perlu memerhatikan bentuk yang efektif dalam penggunaan bahasa, meminimumkan penggunaan kata asing, kata singkat yang tidak tepat, atau kalimat yang terlalu panjang. Pembelajaran akan berjalan dengan baik apabila bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami oleh siswa (Wati *et al.*, 2015). Depdiknas (2004) juga yang menyatakan bahwa bahan ajar yang baik ditulis dengan bahasa yang baik dan mudah dimengerti. Selain itu, yang terpenting adalah struktur kalimat harus mampu menggambarkan isi pesan yang ingin disampaikan tidak mengandung makna ganda dan informasi yang tidak relevan (Hasruddin *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penulis atau editor buku memiliki tanggungjawab besar untuk memastikan kejelasan bahasa, ketepatan informasi, serta menghindari kesalahan dalam pencetakan dan penulisan (Mohammad & Kumari, 2007).

Berdasarkan hasil validasi dan tahap perbaikan yang telah dilakukan maka produk buku ajar telah dikembangkan dapat dinyatakan valid untuk dipergunakan. Nilai yang diberikan validator secara keseluruhan menunjukkan kriteria sangat valid. Kriteria yang digunakan untuk memutuskan bahwa media pembelajaran yang dibuat memiliki derajat validitas yang memadai adalah nilai validitas untuk keseluruhan aspek pada media minimal berada dalam kategori valid (Ramdani & Dini, 2011). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa buku ajar yang dikembangkan telah memadai untuk digunakan.

Buku ajar yang telah dikembangkan memiliki kelebihan dan kekurangan. Keunggulan buku ajar yang dikembangkan antara lain (1) buku ajar dicetak dengan ukuran B5 sehingga mudah dibaca dan dibawa kemana saja, (2) buku ajar dikemas dengan sampul yang berwarna dan disertai dengan gambar-gambar hasil penelitian sehingga lebih menarik untuk dibaca, (3) materi yang disajikan ialah materi yang mutakhir dan bermanfaat untuk perkembangan bioteknologi di masa depan yaitu tentang pemanfaatan bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat dan isolasi gen potensial pada bakteri tersebut, (4) Buku ajar dikembangkan berdasarkan hasil penelitian sehingga lebih aplikatif dan kontekstual. Disisi lain, kelemahan buku ajar yang

dikembangkan adalah materi yang disajikan pada buku ajar ini hanya terbatas pada penggunaan bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat Cd. Selain itu, prosedur dan contoh penelitian yang terdapat dalam buku ajar hanya dapat diterapkan dengan efektif jika terdapat laboratorium dengan fasilitas yang mendukung.

### **Saran Pemanfaatan, Desiminasi, dan Pengembangan Produk lebih Lanjut**

Buku ajar yang telah dikembangkan dapat dijadikan sebagai tambahan informasi tentang materi bioteknologi lingkungan yang dipelajari pada matakuliah Bioteknologi. Selain itu, prosedur dan hasil penelitian yang disajikan pada buku ajar ini dapat dijadikan pedoman bagi mahasiswa untuk melaksanakan penelitian serupa. Terkait desiminasi produk, saran yang dapat diberikan antara lain (1) buku ajar ini dikembangkan sebagai bahan ajar mahasiswa S1 jurusan Biologi Universitas Negeri Malang, sehingga penerapan pada skala yang lebih luas perlu memerhatikan karakter peserta didik dan permasalahan terkait materi tersebut, (2) uji coba dalam skala kecil pada berbagai kalangan masih perlu dilakukan untuk penyempurnaan keterbacaan buku ajar yang dikembangkan, (3) pengujian eksperimental dengan quasi eksperimen juga perlu dilakukan untuk menguji efektifitas buku ajar bagi mahasiswa.

Terkait pengembangan produk lebih lanjut, materi yang disajikan pada buku ajar ini hanya terbatas pada penggunaan bakteri sebagai agen bioremediasi logam berat Cd. Oleh karena itu, pengembangan produk lebih lanjut dapat dilakukan dengan pemanfaatan organisme lain sebagai agen bioremediasi atau dengan jenis logam berat yang lain. Selain itu, pengembangan buku ajar ini diharapkan dapat menjadi inspirasi bagi peneliti lain untuk mengembangkan bahan ajar yang lain.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

Buku ajar bioremediasi logam berat Cd berbasis penelitian yang telah dikembangkan memiliki kriteria sangat valid dan layak untuk diaplikasikan dalam matakuliah Bioteknologi di Universitas Negeri Malang.

### **Saran**

Buku ajar yang telah dikembangkan perlu diuji secara eksperimental sebelum dipergunakan dalam skala yang lebih luas.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Akbar, S dan Sriwijaya, H. 2001. *Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial*. Yogyakarta: Cipta Media.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2004. *Pedoman Umum Pengembangan Bahan Ajar Sekolah Menengah Atas*. Jakarta: Depdiknas.
- Dick, W., Lou Carey, & James, O Carey. 2009. *The Systematic Design of Instruction*. New Jersey: Pearson.
- Hanifah, U. Pentingnya Buku Ajar yang Berkualitas dalam Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Bahasa Arab. *Jurnal Ilmu Tarbiyah "At-Tajdid"*, 3(1): 99—121.
- Hasruddin, Nanda P, & Fauziah H. 2014. The Development of Problem-Based Applied Microbiology Textbook. *International Journal of Education and Research*, 2(9): 187—194.
- Hera, R., Khairil, & Hasanuddin. 2014. Pengembangan Handout Pembelajaran Embriologi Berbasis Kontekstual pada Perkuliahan Perkembangan Hewan untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Banda Aceh. *Jurnal EduBio Tropika*, 2(2): 187—250.
- Lepiyanto, L. & D. Pratiwi. 2015. Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Kontekstual pada Matakuliah Biologi Umum. *Bioedukasi*, 6 (1). 22—29.
- Millah, E. S., Lukas S. B., & Isnawati. 2012. Pengembangan Buku Ajar Materi Bioteknologi Di Kelas Xii Sma Ipiemssurabaya Berorientasi Sains, Teknologi, Lingkungan, Danmasyarakat (SETS). *BioEdu*. 1(1): 19—24.
- Mohammad, R. F. & R. Kumari. 2007. Effective Use of Textbooks: A Neglected Aspect of Education in Pakistan. *Journal of Education for International Development*, 3(1): 1—12.
- Muriati, S. 2014. Pengembangan Bahan Ajar Biologi Sel Pada Program Studi Pendidikan Biologi UIN Alauddin Makassar. *Jurnal Florea*, 1(2): 14—20.
- Prastowo, A. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Jogjakarta: DIVA Press.
- Primiani, C. N. 2014. Pengembangan Buku Ajar Berbasis Penelitian Bahan Alam Lokal sebagai Estrogenik pada Matakuliah Fisiologi Hewan. *Proceeding Mathematic and Science Forum 2014*. ISBN 978-602-0960-00-5: 407—510.
- Priyanto, S. H. 2012. *Kriteria Buku Ajar*. Disampaikan dalam Workshop Penulisan Buku Ajar Dosen Kopertis VI 31 Mei—1 Juni 2012.



- Ramdani & I. Dini. 2011. Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis *Mindjet Manager* sebagai Alternatif Materi Pembelajaran Kimia Organik. *Journal Chemical*, 12(1): 44—53.
- Situmorang, M. 2013. Pengembangan Buku Ajar Kimia Sma Melalui Inovasi Pembelajaran dan Integrasi Pendidikan Karakter untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013: 237—246.
- Suswina, M. 2011. Hasil Validitas Pengembangan Bahan Ajar Bergambar Disertai Peta Konsep untuk Pembelajaran Biologi SMA Semester 1 Kelas XI. *Ta'dib*, 14(1): 44—51.
- Undang-Undang Republik Indonesianomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi.
- Wati, H. M., Endang Susantini & Yuni Sri Rahayu. 2015. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*. 4(3): 957—962.