

**PENGEMBANGAN BUKU AJAR FITOREMEDIASI UNTUK MATAKULIAH  
PENCEMARAN LINGKUNGAN**

**Haslinda Yasti Agustin**  
Tadris Biologi Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Tulungagung  
E-mail: [hasya\\_yasti@yahoo.com](mailto:hasya_yasti@yahoo.com)

**Abstract**

The purpose of this study is to produce products such as phytoremediation handbook for the course of Environmental Pollution. This study uses a model of research and development Borg & Gall until the fifth stage is a major product revision. Data obtained from the handbook development expert validation sheet material, teaching materials experts, education professionals (lecturers), and students, who then all the data is analyzed. The results of the validation calculation shows the results valid and sufficient valid and does not need revision, but the revision is still being done by taking into account suggestions and comments provided by all validator to fix the product. Results of the study are the product of the handbook entitled "Phytoremediation (Efforts to Maintain Quality Water Environment)" which has advantages such as: easy to understand language and accompanied by images that support, each chapter comes with questions related to environmental issues that can be fishing mindset of students to be more concerned about the environment and find solutions to problems, an explanation of phytoremediation, application and impact of the plant is described in full, while the drawback is still keeping up the real issues waters in Indonesia, tools and materials for research must be clearly stated so the procedure can work well understood, as well as the need for a glossary to explain terms of biology that are important.

**Keywords:** phytoremediation, handbook, environmental pollution

**Abstrak**

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan produk berupa buku ajar tentang fitoremediasi untuk matakuliah Pencemaran Lingkungan. Penelitian ini menggunakan model penelitian dan pengembangan (research and development) Borg & Gall sampai tahap kelima yaitu revisi produk utama. Data pengembangan buku ajar diperoleh dari lembar validasi ahli materi, ahli bahan ajar, praktisi pendidikan (dosen), dan mahasiswa, yang kemudian semua data tersebut dianalisis. Hasil perhitungan validasi menunjukkan hasil yang valid dan cukup valid serta tidak perlu revisi, tetapi revisi tetap dilakukan dengan memperhatikan saran dan komentar yang diberikan oleh semua validator untuk memperbaiki produk. Hasil penelitian adalah produk berupa buku ajar berjudul "Fitoremediasi (Upaya Menjaga Kualitas Lingkungan Perairan)" yang memiliki kelebihan antara lain: bahasa yang mudah dimengerti dan disertai dengan gambar-gambar yang mendukung, setiap bab dilengkapi dengan pertanyaan-pertanyaan terkait masalah lingkungan yang dapat memancing pola pikir mahasiswa untuk lebih peduli lingkungan dan menemukan solusi permasalahan, penjelasan mengenai fitoremediasi, aplikasi dan dampaknya pada tumbuhan dijelaskan secara lengkap, sedangkan kekurangannya adalah masih perlu ditambah lagi masalah-masalah nyata perairan di Indonesia, alat dan bahan selama penelitian perlu disebutkan dengan jelas agar prosedur kerja dapat dipahami dengan baik, serta perlu adanya glosarium untuk menjelaskan istilah-istilah biologi yang penting.

**Kata kunci:** fitoremediasi, buku ajar, pencemaran lingkungan

Air merupakan kebutuhan vital bagi makhluk hidup, akan tetapi yang terjadi saat ini adalah berkurangnya ketersediaan air bersih dari hari ke hari. Salah satu penyebab utama yaitu pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah industri, khususnya di daerah Malang. Pencemaran ini dibuktikan dengan ciri fisik air Sungai Badeg di Jl. Kolonel Sugiono gang VIII Kelurahan Ciptomulyo, Kecamatan Sukun, Malang berwarna keruh, keabu-abuan dan terkadang keunguan, berbuih putih, dan sangat bau. Ciri tersebut merupakan indikator bahwa perairan telah tercemar karena air bersih memiliki standar 3B yaitu tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun (Suwono, 2011). Berdasarkan hasil observasi pada tanggal 21 Januari 2014, air sungai Badeg mengandung logam Ni, Ca, P, Cu, Fe, Yb, Ti, dan Cr. Logam berat seperti Fe, Cu, Ni, dan Cr merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tumbuhan, tetapi dalam jumlah banyak beracun. Jika limbah ini masuk ke area pertanian atau perikanan dan hasil panennya dikonsumsi oleh manusia, akan membahayakan kesehatan melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi. Salah satu cara yang sederhana efisien dalam memperbaiki kualitas perairan adalah fitoremediasi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai penggunaan tanaman hidup untuk mengembalikan media yang terkontaminasi (udara, tanah, air permukaan, dan air tanah) ke tingkat aman sesuai peraturan (Landmeyer, 2011). Proses fitoremediasi dapat menghilangkan kontaminan melalui serapan langsung oleh akar atau daun dan dapat menurunkan konsentrasi kontaminan oleh biotransformasi di zona akar, jaringan tanaman, penguapan, dan penyerapan. Proses fitoremediasi mencakup *rhizofiltration*, *phytostabilization*, *phytoextraction*, *phytovolatilization*, *phytotransformation* (Ghosh & Singh, 2005). Salah satu matakuliah yang ditempuh oleh mahasiswa jurusan Biologi Universitas Negeri Malang adalah Pencemaran Lingkungan, dengan kompetensi dasar antara lain: mahasiswa dapat menganalisis masalah pencemaran, mengklasifikasi sumber pencemaran, mengetahui bahan pencemaran, mengkarakteristikan limbah, daur pencemaran, dampak pencemaran, penanggulangan, pengendalian, dan pencegahan. Bahan ajar untuk matakuliah tersebut belum ada, selama ini mahasiswa menggunakan sumber belajar berupa *blog* dan media *online* lain, sehingga dibutuhkan suatu buku ajar yang mendukung selama perkuliahan. Berdasarkan hasil wawancara kepada dosen pengampu, diperoleh keterangan bahwa memang belum ada bahan ajar yang menunjang perkuliahan selama ini. Hal ini juga didukung dari hasil wawancara dengan mahasiswa yang telah menempuh matakuliah tersebut. Mereka kesulitan dalam mencari suatu sumber belajar yang valid, akurat, dan sesuai dengan perkuliahannya. Buku

ajar ini akan didesain dan diupayakan memiliki beberapa kelebihan, antara lain: mahasiswa dapat mempelajari bahan kajian yang akan diajarkan lebih awal, mahasiswa dapat menambahkan catatan ringkas bila dianggap perlu, mahasiswa mempunyai kesempatan lebih banyak untuk mengemukakan pendapat tentang suatu kasus pencemaran yang merupakan aplikasi dari teori yang diajarkan, terdapat soal latihan yang harus dikerjakan mahasiswa dan berorientasi pada masalah kontekstual, mahasiswa memiliki buku pengangan yang dapat dipelajari di rumah sebelum perkuliahan berlangsung. Sebelumnya sudah dilakukan penelitian eksperimental untuk menguji ketahanan tumbuhan sebagai fitoremediator, hasilnya dituangkan dalam bentuk buku ajar ini. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku ajar yang berisi semua informasi tentang kondisi perairan di Malang, teknik, aplikasi fitoremediasi, serta dampak fitoremediasi dilihat dari anatomi dan fisiologi eceng gondok.

#### **METODE**

Penelitian menggunakan model pengembangan yang diadaptasi dari model pengembangan Borg & Gall (1983). Model pengembangan ini mengelompokkan langkah-langkah dalam penelitian dan pengembangan menjadi sepuluh langkah.

#### **Prosedur Penelitian dan Pengembangan**

Prosedur penelitian dan pengembangan menurut Borg & Gall (1983) tersebut dimodifikasi,

karena waktu yang terbatas, sehingga dilakukan sampai pada tahapan kelima, sebagai berikut.

1. *Research and information collecting (Penelitian dan Pengumpulan Informasi)*
2. *Planning (Perencanaan)*
3. *Development of the preliminary form of the product (Mengembangkan Bentuk Awal Produk)*
4. *Preliminary field testing (Uji Lapangan Utama)*
5. *Main product revision (Revisi Produk Utama)*

#### **Instrumen Pengumpulan Data**

Instrumen pengumpul data yang digunakan terdiri dari: (1) lembar validasi ahli materi, (2) lembar validasi ahli bahan ajar, (3) lembar validasi praktisi pendidikan (dosen), dan (4) lembar validasi mahasiswa.

#### **Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data yang digunakan dalam menganalisis data kuantitatif berupa skor angket penilaian adalah dengan menghitung persentase jawaban. Kriteria kevalidan data angket penilaian validator dijelaskan pada Tabel 1. Persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum x}{\sum xi} \times 100\% \quad (\text{Arikunto, 2006})$$

Keterangan:

P = Persentase

$\sum x$  = Jumlah jawaban responden dalam satu item

$\sum x i$  = jumlah skor ideal dalam satu item

100% = Konstanta

**Tabel 1. Kriteria Kevalidan Data Angket Penilaian Validator**

Skala Nilai (%)	Keterangan
85,94 – 100	Valid (Tidak Revisi)
67,18 – 85,93	Cukup Valid (Tidak Revisi)
48,49 – 67,17	Kurang Valid (Revisi)
25 – 48,48	Tidak Valid (Revisi)

(Sumber: Suryabrata, 1983)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Paparan data yang dihasilkan dari kelima tahap model penelitian dan pengembangan Borg & Gall adalah sebagai berikut.

### **Penelitian dan Pengumpulan Informasi**

#### *Observasi Kelas*

Tahap observasi kelas dilakukan pada bulan Maret 2014. Pada tahap ini analisis kebutuhan dilakukan dengan wawancara dosen pengampu matakuliah Pencemaran Lingkungan dan mahasiswa peserta matakuliah Pencemaran Lingkungan, serta penyebaran angket. Hasil dari wawancara dosen dan mahasiswa peserta matakuliah menyatakan bahwa belum ada bahan ajar yang digunakan selama proses perkuliahan. Respon mahasiswa terhadap pelaksanaan perkuliahan sangat bagus, 100% memilih opsi menyenangi matakuliah Pencemaran Lingkungan

dan 60% mahasiswa merasa kurang puas karena bahan ajar disusun oleh mahasiswa secara mandiri. Materi Dampak-dampak Pencemaran Lingkungan dan Penanggulangannya, khususnya untuk pencemaran air merupakan materi yang belum maksimal penerapannya di lapangan, hal ini terbukti dari 76% mahasiswa belum dapat menerapkan hasil pembelajaran mereka tentang materi pencemaran air di lingkungan. Sedangkan saran yang diberikan oleh mahasiswa adalah perlunya bahan ajar yang sesuai dengan materi ini.

#### *Kajian Literatur*

Hasil kajian literatur berkaitan dengan fitoremediasi, mekanisme fitoremediasi, tumbuhan yang berperan sebagai fitoremediator, ketahanan tumbuhan terhadap zat pencemar, pencemaran lingkungan, zat pencemar, lingkungan tercemar di daerah Malang, Peraturan Perundang-undangan tentang lingkungan, petunjuk teknis pengembangan buku ajar.

#### *Observasi Lapangan*

Hasil observasi lapangan berkaitan dengan mengamati berbagai pencemaran yang ada di Malang, serta bentuk-bentuk pencemarannya.

#### *Kegiatan Penelitian*

Hasil penelitian meliputi anatomi dan fisiologi (kandungan logam krom, panjang tanaman, jumlah daun, berat tanaman, biomassa, dan kandungan klorofil). Semua hal tersebut dilakukan

melalui penelitian eksperimental, yang hasilnya nanti dituangkan dalam buku ajar ini.

### Perencanaan

Hasil dari analisis kebutuhan pada observasi kelas, studi literatur, observasi lapangan, dan kegiatan penelitian menjadi landasan dalam menyusun rencana pengembangan buku ajar. Tahap perencanaan ini meliputi rancangan produk yang akan dihasilkan serta proses pengembangannya. Rancangan produk yang akan dikembangkan mencakup antara lain: tujuan dari penggunaan buku ajar, siapa pengguna buku ajar tersebut, dan deskripsi dari komponen-komponen buku ajar serta penggunaannya. Buku ajar ini disusun untuk memberikan suatu bahan ajar yang valid dan sesuai dengan materi Dampak-dampak Pencemaran Lingkungan dan Penanggulangannya, khususnya pencemaran air pada matakuliah Pencemaran Lingkungan. Pengguna buku ajar ini adalah mahasiswa yang menempuh matakuliah Pencemaran Lingkungan di Universitas Negeri Malang.

### Mengembangkan Bentuk Awal Produk

Tahap perencanaan selesai dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan mengembangkan buku ajar. Komponen-komponen yang telah disusun (Tabel 2), dikembangkan dengan berbagai sumber literatur yang relevan dipadu dengan hasil penelitian eksperimental sebelumnya menjadi suatu buku ajar yang layak dan berkualitas serta dapat

dipertanggungjawabkan. Buku ajar ini disusun menggunakan kertas *glossy* 120 gram ukuran A4, agar gambar yang ditampilkan lebih jelas dan menarik minat mahasiswa. Sumber yang digunakan sesuai dengan materi dan terbaru, terkait dengan isu-isu terkini tentang pencemaran air. Komponen tersebut sesuai dengan Panduan Pengusulan Program Insentif Penulisan Buku Ajar Perguruan Tinggi (2013), selain itu jumlah halaman teks utama (batang tubuh) dalam buku ajar  $\geq 49$  halaman, bebas dari unsur plagiat, karya sendiri, dan ukuran buku minimal A5 (14,8 x 21 cm). Bagian penting dari buku ajar adalah disajikannya informasi tentang rencana dan tujuan perkuliahan.

---

#### Bagian Pendahuluan

---

Halaman judul

---

Kata Pengantar

---

Daftar Isi

---

Daftar Gambar

---

Daftar Tabel

---

Daftar Grafik

---

Prakata

---

#### Bagian Isi

---

Bab I Air

---

Bab II Pencemaran Air Akibat Logam Berat

---

Bab III Fitoremediasi

---

Bab IV Aplikasi Fitoremediasi Menggunakan Eceng Gondok

---

Bab V Dampak Fitoremediasi Logam Cr<sup>6+</sup> Terhadap Anatomi dan Fisiologi Eceng

---

Gondok
<b>Bagian Penutup</b>
Daftar Rujukan
Lampiran

**Uji Lapangan Utama**

Tahap ini dilakukan validasi kepada ahli materi (pencemaran lingkungan), ahli pendidikan (ahli pengembangan bahan ajar), dan praktisi pendidikan (dosen matakuliah Pencemaran Lingkungan), yang hasilnya disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Ringkasan Hasil Validasi Buku Ajar**

Bidang Keahlian	Hasil Validasi	Keterangan
(materi) Pencemaran Lingkungan	90.59 %	Valid (Tidak Revisi)
(bahan ajar) Pengembangan Buku Ajar	73.16 %	Cukup Valid (Tidak Revisi)
(praktisi pendidikan) Dosen matakuliah Pencemaran Lingkungan	90.48%	Valid (Tidak Revisi)

Hasil validasi berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif berupa skor dan penilaian bagian-bagian penyusun buku ajar, sedangkan data kualitatif merupakan saran dan komentar yang diberikan validator untuk pertimbangan revisi buku ajar, yang hasilnya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Ringkasan Saran dan Komentar dari Validator**

Bidang Keahlian	Saran & Komentar
(materi) Pencemaran Lingkungan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fokuskan judul pada perbaikan kualitas lingkungan perairan</li> <li>2. Konsistensi penggunaan bahasa Indonesia dan bahasa Inggris</li> <li>3. Lebih ditekankan lagi tentang pengolahan air yang tercemar, bukan pada pengelolaan airnya (Bab I).</li> <li>4. Lebih ditekankan lagi keunggulan</li> </ol>

	<p>sistem air di Jepang dan Belanda dibandingkan dengan Indonesia</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Perlu ditambahkan teknologi fitoremediasi menggunakan eceng gondok</li> <li>6. Aplikasi fitoremediasi (Bab V) ditaruh sebelum Dampak Fitoremediasi (Bab IV)</li> <li>7. Perlu ditambahkan prosedur kerja pada bab Aplikasi Fitoremediasi</li> <li>8. Harus ada kaitan antara bab satu dengan bab lainnya</li> </ol>
(bahan ajar) Pengembangan Modul	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Secara umum desain buku ajar sudah memadai</li> <li>2. Konsistensi pemakaian huruf, penulisan judul, subjudul, subsubjudul, belum terjaga</li> <li>3. Tampilan gambar masih belum konsisten, ada yang besar ada yang kecil, dan ada gambar/visual yang tidak berarti dan hadir dalam setiap halaman</li> <li>4. Tampilan judul perlu di halaman bagian depan bukan di sisi belakang</li> </ol>
(praktisi pendidikan) Dosen matakuliah Pencemaran Lingkungan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contoh Jepang dan Belanda (Bab I) tidak/kurang berkaitan dengan upaya penanggulangan pencemaran</li> <li>2. Cari contoh bagaimana suatu Negara mengelola air yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas air, serta menanggulangi pencemaran air</li> <li>3. Konsistensi urutan penulisan dampak kontaminasi logam berat di Bab II</li> <li>4. Terjemahkan keterangan gambar yang berbahasa Inggris</li> <li>5. Perbaiki bentuk kalimat menjadi SPOK agar lebih mudah dimengerti</li> <li>6. Perlu ditambahkan fitoremediasi tentang eceng gondok</li> <li>7. Bab V tentang Aplikasi Fitoremediasi ditaruh sebelum Bab IV dan ditambahkan juga tentang prosedur kerja selama penelitian</li> <li>8. Bab IV sebaiknya diberi judul tentang dampak logam berat pada tumbuhan eceng gondok dilihat dari anatomi dan fisiologinya agar lebih berkaitan dengan bab sebelumnya</li> </ol>

Uji keterbacaan buku ajar dilakukan pada 12 orang mahasiswa jurusan Biologi yang telah menempuh matakuliah Pencemaran Lingkungan di Universitas Negeri Malang. Hasil pengisian angket disajikan pada Lampiran, dengan rerata penilaian keterbacaan sebesar 82,85%, yang berarti cukup valid dan tidak perlu direvisi.

Tabel 5. Ringkasan Hasil Angket Keterbacaan Mahasiswa

No	Deskriptor	No Mahasiswa											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Materi yang disajikan menggunakan bahasa yang lugas dan mudah dipahami.	4	5	4	5	4	4	5	3	4	4	4	4
2.	Materi dalam buku memuat uraian, gambar, foto, dan contoh yang menarik sehingga menimbulkan minat pembaca mengkaji lebih jauh.	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	4	4
3.	Materi memunculkan niat mahasiswa untuk mengkaji lebih lanjut lingkungan sekitarnya.	4	4	3	5	5	5	5	3	4	4	3	3
4.	<i>Layout</i> menarik dan menimbulkan minat untuk membaca.	4	5	4	4	5	3	5	3	5	3	5	4
5.	Penggunaan <i>font</i> menarik dan mudah dibaca.	5	4	4	5	4	3	5	2	4	3	4	4
6.	Penggunaan istilah yang konsisten.	5	5	4	5	4	5	5	4	4	3	4	3
7.	Penggunaan lambang/symbol/ singkatan yang konsisten untuk membantu memahami materi	5	5	4	5	4	4	4	3	4	3	4	3
8.	Konsep-konsep dalam materi saling berkaitan dan memudahkan pemahaman.	5	5	4	4	4	5	5	3	4	3	4	3
9.	Pesan dalam buku ajar disajikan dengan bahasa yang menarik, jelas, tepat sasaran, tidak menimbulkan makna ganda (menggunakan kalimat efektif), dan lazim dalam komunikasi tulis bahasa Indonesia.	4	5	3	5	5	5	5	4	4	4	4	3
10.	Bahasan antar bab saling berkaitan, begitu pula bahasan antarsubbab. Bahasan-bahasan tersebut saling mendukung dan tidak tumpang tindih.	5	5	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4
11.	Antar paragraph dan antar kalimat mempunyai keterpaduan yang logis.	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	3	4

*156 Haslinda: Pengembangan buku ajar...Pencemaran Lingkungan*

12.	Kalimat dalam buku ajar mudah dipahami.	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	3
13.	Ilustrasi mudah dipahami dan sesuai dengan pesan yang ingin disampaikan.	5	5	3	4	5	4	5	4	5	4	3	4
14.	Evaluasi yang mudah dipahami dan membantu mahasiswa dalam memahami materi	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
<b>Persentase (%)</b>		92.9	95.7	75.7	91.4	90	80	94.3	71.4	84.3	71.4	77.1	70
<b>Rerata Persentase (%)</b>		82.85											

Keterangan:

1. Intan Rezki Kurniasari
2. Fia Izzatul Muna
3. Muh. Ali Sukron
4. Desy Sylvana Manja
5. Mohammad Charisun
6. Yusakhiril Lukman
7. Andika Habib Sanjaya
8. Risca Dwi Kusuma
9. RizqaRadhiyah
10. Achmad Habibul Wahid
11. Desy YanuaritaWulandari
12. Oktavia Astiana

#### **Revisi Produk Utama**

Hasil perhitungan validasi oleh validator ahli materi, ahli pengembangan bahan ajar, dan praktisi pendidikan (dosen pengampu matakuliah) menunjukkan hasil yang valid dan cukup valid (pada Tabel 3), serta tidak perlu revisi, tetapi revisi tetap dilakukan dengan memperhatikan saran dan komentar yang diberikan oleh semua validator untuk memperbaiki produk. Hal-hal yang direvisi meliputi berbagai aspek dalam buku ajar seperti yang sudah disebutkan dalam Tabel 4.

Masukan dan saran yang diberikan oleh validator bertujuan untuk penyempurnaan produk dari berbagai perspektif. Ahli materi akan melengkapi materi yang termuat dalam buku ajar, ahli pengembangan bahan ajar akan memberikan masukan demi kesempurnaan dan tercapainya karakteristik suatu bahan ajar, dan praktisi pendidikan akan memberikan saran yang aplikatif, sehingga proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif, efisien, dan mencapai tujuan

pembelajaran. Setelah selesai melakukan revisi sesuai saran, selanjutnya dilakukan uji keterbacaan yang memberikan hasil rerata sebesar 82,85%, yang berarti cukup valid dan tidak perlu direvisi. Namun penyempurnaan tetap dilaksanakan dengan mengacu pada masukan dan komentar yang ditulis mahasiswa pada lembar angket. Uji ini sangat membantu dalam memberikan saran dan masukan demi terwujudnya buku ajar yang baik dan menarik dilihat dari sudut pandang mahasiswa sebagai pengguna buku ajar. Hal ini sesuai dengan penjelasan Priyatno (2012) bahwa buku ajar yang disukai mahasiswa antara lain: sederhana, menggunakan bahasa baku, kontekstual, ada peta konsep, dan penampilan yang menarik. Semua validasi tersebut bertujuan untuk menghasilkan buku ajar yang benar-benar sesuai dengan kompetensi matakuliahnya, sehingga dapat bermanfaat bagi pendidik dan peserta didik. Prastowo (2014) menyebutkan bahwa fungsi bahan ajar bagi pendidik diantaranya: menghemat waktu pendidikan dalam mengajar, mengubah peran pendidik dari seorang pengajar menjadi seorang fasilitator, meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan interaktif, sebagai pedoman bagi pendidik yang akan mengarahkan semua aktifitas dalam proses pembelajaran dan merupakan kompetensi yang semestinya diajarkan kepada peserta didik, sebagai alat evaluasi pencapaian atau penguasaan hasil pembelajaran. Fungsi bahan ajar bagi peserta didik antara lain: peserta didik dapat belajar tanpa harus

ada pendidikan atau teman peserta didik yang lain, peserta didik dapat belajar kapan saja dan dimana saja ia kehendaki, peserta didik dapat belajar sesuai kecepatannya masing masing, peserta didik dapat belajar menurut urutan yang dipilihnya sendiri, membantu peserta didik untuk menjadi pelajar yang mandiri, dan sebagai pedoman bagi peserta didik yang akan mengarahkan semua aktivitasnya dalam proses pembelajaran dan substansi kompetensi yang seharusnya dipelajari serta dikuasainya.

### SIMPULAN

Buku ajar ini memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: bahasa yang digunakan mudah dimengerti dan disertai dengan gambar-gambar yang mendukung; penjelasan tentang pencemaran air akibat logam berat dijelaskan secara lengkap; disertai contoh sungai yang tercemar logam berat di Kota Malang sebagai contoh nyata yang dapat diteliti mahasiswa; dilengkapi dengan berbagai peraturan pemerintah yang menyangkut kualitas air, baik dari Pemerintah Indonesia dan Organisasi Kesehatan Dunia; pengertian fitoremediasi, teknik fitoremediasi, serta kekurangan dan kelebihan dijelaskan secara lengkap; aplikasi fitoremediasi dengan teknik yang sederhana dan contoh aplikasi fitoremediasi dalam skala besar di daerah Tlogomas Kota Malang yang digunakan sebagai IPAL untuk limbah domestik di sana; serta penjelasan mengenai dampak fitoremediasi dilihat dari anatomi dan fisiologi tumbuhan juga dijelaskan secara lengkap dalam buku ini. Pada setiap bab dilengkapi dengan

pertanyaan-pertanyaan terkait masalah lingkungan yang dapat memancing pola pikir mahasiswa untuk lebih peduli lingkungan dan menemukan solusi permasalahan. Kekurangan buku ajar ini adalah masih perlu ditambah lagi masalah-masalah nyata perairan di Indonesia, alat dan bahan selama penelitian perlu disebutkan dengan jelas agar prosedur kerja dapat dipahami dengan baik, serta perlu adanya glosarium untuk menjelaskan istilah-istilah biologi yang penting.

Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan cara melengkapi langkah-langkah dalam tahapan model penelitian dan pengembangan Borg & Gall, sampai tahapan yang lebih lanjut, mengingat dalam penelitian ini dilakukan sampai tahap kelima saja. Selain itu, buku ajar ini juga dapat dikembangkan dalam bentuk buku elektronik sehingga memudahkan mahasiswa untuk mengaksesnya. Pengembangan dari segi materi juga perlu dilakukan mengingat masih banyak tumbuhan yang bersifat hiperakumulator dan mampu meremediasi berbagai logam berat.

### DAFTAR RUJUKAN

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek (Edisi Revisi VI)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Borg, W. R., and Gall, M. D. 1983. *Educational Research An Introduction*. United States

- of America.
- Gosh, M. dan Singh, S. P. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its Products. *Applied Ecology and Environmental Research* 3(1): 1-18. (Online), (<http://www.ecology.kee.hu>), diakses pada tanggal 19 Mei 2014.
- Landmeyer, J. E. 2011. *Introduction to Fitorremediation of Contaminated Groundwater*. USA: Springer. (Online). (<https://www.clu-in.org/download/remed/Introphyto>), diakses pada tanggal 25 Januari 2014.
- Panduan Pengusulan Program Insentif Penulisan Buku Ajar Perguruan Tinggi. 2013. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan kebudayaan.
- Prastowo, A. 2014. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Priyanto, S. H. 2012. Kriteria Baku Buku Ajar. Disampaikan dalam Workshop Penulisan Buku Ajar Dosen Kopertis VI 31 Mei – 1 Juni 2012.
- Suryabrata, S. 1983. *Metode Penelitian*. Jakarta: CV Rajawali.
- Suwono, H. 2011. *Limnologi (Konsep Dasar dan Pembelajarannya)*. Malang: Bayu Media Publishing.