

# PENGEMBANGAN BUKU AJAR MIKROBIOLOGI TENTANG BIOREDUKSI MERKURI BAGI MAHASISWA PENDIDIKAN BIOLOGI

Atiqa Ulfa, Endang Suarsini, Mimien Henie Irawati  
Pendidikan Biologi-Pascasarjana Universitas Negeri Malang  
Jalan Semarang 5 Malang. E-mail: alphacarson@gmail.com

**Abstract:** Educational biology bachelor students in State Institute for Islamic Studies of Mataram don't provided with Indonesian microbiology textbooks containing the local potential as the learning source. Developing the microbiology textbook concerning mercury bioreduction of waste disposal from gold mining in West Sekotong can be a solution. The aim of this study is to develop microbiology textbook concerning mercury bioreduction. This study belong to research and development study. The result of this study is microbiology textbook with the title "Bioreduksi Merkuri menggunakan Bakteri Indigen dari Limbah Penambangan Emas" that has been done and valid.

**Keywords:** textbook, microbiology, bioreduction, mercury

**Abstrak:** Mahasiswa S1 jurusan pendidikan Biologi di Institut Agama Islam Negeri (IAIN) Mataram belum memiliki bahan ajar berbahasa Indonesia yang mengangkat potensi lokal sebagai sumber belajar mereka. Salah satu upaya untuk mengatasi keterbatasan bahan ajar tersebut adalah melalui pengembangan buku ajar mikrobiologi terkait dengan bioreduksi merkuri dari limbah penambangan emas di Sekotong Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku ajar mikrobiologi mengenai bioreduksi merkuri. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan. Hasil penelitian ini adalah buku ajar mikrobiologi dengan judul "Bioreduksi Merkuri menggunakan Bakteri Indigen dari Limbah Penambangan Emas" yang telah tersusun dan valid.

**Kata kunci:** buku ajar, mikrobiologi, bioreduksi, merkuri

Keberadaan emas di desa Sekotong Barat Kabupaten Lombok Barat telah menarik perhatian masyarakat sejak awal tahun 2008, bahkan banyak yang berasal dari luar Kecamatan Sekotong. Munir (2015) menyebutkan bahwa hampir 50% dari 40.000 orang penduduk Sekotong terlibat dalam kegiatan yang berhubungan dengan penambangan dan pengolahan emas. Penambangan liar ini sulit untuk dihentikan karena bagi masyarakat setempat, menambang merupakan mata pencaharian mereka saat ini, namun jika kegiatan penambangan terus dilakukan maka akan semakin banyak pula merkuri yang terbuang ke lingkungan dan mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitar. Hasil analisis kandungan merkuri dari limbah penambangan emas rakyat pada bulan Januari 2016, diketahui bahwa kandungan merkuri pada bak penampungan limbah sebanyak 4,04—29,88 ppm. Tingginya kandungan merkuri tersebut dikhawatirkan akan mengontaminasi sumber air warga. Angka tersebut telah melampaui ambang batas merkuri, yakni sebesar 0,001 ppm.

Permasalahan di atas dapat dijadikan sebagai materi pembelajaran di kelas. IAIN Mataram merupakan salah satu lembaga pendidikan yang berada tidak jauh dari Sekotong Barat, yakni sama-sama terletak di pulau Lombok provinsi NTB. Wawancara dengan dosen Mikrobiologi yang mengajar pada jurusan Pendidikan Biologi IAIN Mataram, memberikan informasi bahwa bahan ajar Mikrobiologi yang berisi materi bioreduksi belum ada, sehingga perlu dikembangkan buku ajar Mikrobiologi yang memuat materi tentang pencemaran limbah merkuri di desa Sekotong Barat serta metode pengujian bakteri indigen yang mampu mereduksi merkuri, agar pembelajaran Mikrobiologi lebih kontekstual bagi mahasiswa dan menampakkan potensi lokal, yakni menggunakan lingkungan sekitar mahasiswa sebagai sumber belajar. Selain itu, temuan penelitian yang mengangkat potensi lokal akan memberikan peluang terpublikasikannya potensi tersebut.

Sebagaimana yang dijelaskan oleh Tarigan & Tarigan (1986) bahwa bahan ajar berupa buku ajar dipilih karena bahan ajar ini selain sebagai sumber belajar juga dapat menjadi penyedia petunjuk kegiatan dan pendorong motivasi siswa karena menghubungkan materi pelajaran dengan pengalaman hidup sehari-hari. Motivasi mahasiswa dalam belajar akan lebih mudah dibangun jika materi yang diajarkan berkaitan dengan kondisi dan permasalahan hidup sehari-hari mereka, yang pada akhirnya akan berdampak pada tingginya hasil mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan buku ajar mikrobiologi bagi mahasiswa S1 pendidikan Biologi IAIN Mataram. Buku ajar yang telah dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar kognitif dan afektif mahasiswa.

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan berbasis penelitian eksperimental. Hasil penelitian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan buku ajar mikrobiologi. Pengembangan buku ajar menggunakan model pengembangan Borg & Gall (1983) yang telah dimodifikasi. Model ini terdiri atas 10 tahapan, yaitu *Research and Information Collecting* (Penelitian dan Pengumpulan Informasi), *Planning* (Perencanaan), *Develop Preliminary Form of Product* (Pengembangan Bentuk Awal Produk), *Preliminary Field Test* (Uji Coba Tahap Awal), *Main Product Revision* (Revisi Produk Tahap Awal), *Main Field Testing* (Uji Coba Produk Utama), *Operational Product Revision* (Revisi Operasional Produk), *Operational Field Testing* (Uji Coba Operasional Produk), *Final Product Revision* (Revisi Produk Akhir), dan *Dissemination and Implementation* (Diseminasi dan Implementasi). Namun, penelitian ini hanya dilakukan hingga tahap *Operational Product Revision* (Revisi Operasional Produk).

Kerangka buku ajar disusun menurut Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2013) yang menjabarkan bahwa terdapat enam unsur naskah buku yang harus ada, meliputi (1) prakata, (2) daftar isi, (3) batang tubuh yang terbagi dalam bab atau bagian beserta tujuan instruksionalnya, (4) daftar pustaka, (5) glosarium, dan (6) indeks. Penjabaran isi materi buku ajar dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Penjabaran Isi Buku Ajar Mikrobiologi**

Unsur	Isi
Halaman Judul	Identitas Buku
Kata Pengantar	Uraian pengantar untuk pembaca
Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar	Uraian nomor halaman bab, tabel, dan gambar
Batang Tubuh (Isi)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pendahuluan               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pengertian Mikroorganisme</li> <li>b. Morfologi Bakteri</li> <li>c. Peranan Mikrobiologi di Berbagai Bidang</li> </ol> </li> <li>2. Penambangan Emas di Sekotong Barat               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pelaksanaan Penambangan Emas di Sekotong Barat</li> <li>b. Kondisi Lingkungan Akibat Penambangan Emas di Sekotong Barat</li> </ol> </li> <li>3. Propagasi Limbah Penambangan Emas               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pengambilan Sampel</li> <li>b. Propagasi Sampel</li> </ol> </li> <li>4. Isolasi Bakteri Indigen Pereduksi Merkuri               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pengenceran dan Inokulasi Sampel Hasil Propagasi</li> <li>b. Isolasi Bakteri Indigen Pereduksi Merkuri</li> </ol> </li> <li>5. Bioreduksi Logam Merkuri dengan Pemanfaatan Bakteri Indigen Secara <i>In Vitro</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Seleksi Bakteri Indigen Pereduksi Merkuri Menggunakan Uji Sumuran</li> <li>b. Pengujian Fase Lag</li> <li>c. Pengujian Bioreduksi Merkuri dari Tiap Isolat dan Konsorsiumnya Secara <i>In Vitro</i></li> </ol> </li> <li>6. Identifikasi Bakteri Indigen Pereduksi Merkuri               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Identifikasi Sifat Morfologi Bakteri Indigen yang Potensial dalam Mereduksi Merkuri</li> <li>b. Identifikasi Fisiologi Bakteri Indigen yang Potensial dalam Mereduksi Merkuri</li> <li>c. Spesies Isolat Bakteri Indigen yang Potensial dalam Mereduksi Merkuri</li> </ol> </li> <li>7. Penutup               <ol style="list-style-type: none"> <li>d. Rangkuman</li> <li>e. Evaluasi</li> </ol> </li> </ol>
Daftar Pustaka	Penjabaran sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan buku ajar
Glosarium	Definisi mengenai istilah-istilah yang dicantumkan dalam isi buku
Indeks	Informasi mengenai halaman tempat ditemukannya kata atau istilah dalam isi buku

Validasi buku ajar dilakukan pada tahap *Preliminary Field Test* (Uji Coba Tahap Awal). Validasi buku ajar dilakukan oleh tiga orang validator yakni ahli pengembangan bahan ajar yang berkualifikasi minimal S2 dan mengajar di bidang teknologi pendidikan minimal selama 3 tahun; ahli materi, dan praktisi pendidikan yang berkualifikasi minimal S2 dan telah memiliki pengalaman mengajar di bidang mikrobiologi minimal selama 3 tahun. Data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari hasil penskoran yang diberikan oleh para validator. Data kualitatif diperoleh dari hasil saran dan komentar yang diberikan oleh para validator. Data kuantitatif dianalisis menggunakan rumus:

$$P = \frac{\sum xi}{\sum x} 100 \%$$

Keterangan:

- P = persentase validitas  
 $\sum X$  = jumlah skor keseluruhan jawaban per butir  
 $\sum X_i$  = jumlah skor maksimal per butir  
 100% = Konstanta

Pemberian makna dan pengambilan keputusan tentang kualitas produk buku ajar dirujuk sesuai dengan Tabel 2.

**Tabel 2. Kriteria Validitas dan Pengambilan Keputusan Revisi Bahan Ajar**

Tingkat Pencapaian	Kategori	Keputusan Uji
81%—100%	Valid	Tidak Perlu Direvisi
61%—80%	Cukup Valid	Tidak Perlu Direvisi
41%—60%	Kurang Valid	Direvisi
21%—40%	Sangat Kurang Valid	Direvisi
0%—20%	Tidak Valid	Direvisi

(Diadaptasi dari Riduwan, 2015)

Saran-saran dari validator digunakan dalam perbaikan buku ajar untuk selanjutnya diujicobakan kepada 31 orang mahasiswa semester 7 jurusan pendidikan Biologi IAIN Mataram Produk buku ajar juga diujicobakan pada mahasiswa semester 7 pendidikan Biologi IAIN Mataram untuk mengetahui hasil belajar kognitif dan afektif serta ketuntasan belajar mahasiswa. Selain itu, mahasiswa juga memberikan penilaian mengenai produk buku ajar dengan mengisi angket. Analisis deskriptif kualitatif dilakukan dengan mengelompokkan informasi-informasi dari data kualitatif berupa tanggapan dan saran perbaikan dari mahasiswa sebagai subjek coba. Analisis data dijadikan acuan untuk memperbaiki produk pengembangan bahan ajar. Analisis deskriptif kuantitatif dilakukan untuk mengolah skor dari lembar validasi dan menganalisis hasil *pretest* dan *posttest*. Persentase dari penilaian tiap butir penilaian pada angket keterbacaan buku ajar serta pengambilan keputusan dari hasil penilaian dilakukan dengan rumusan dan acuan yang sama seperti pada tahap uji coba tahap awal. Data *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji *t* berpasangan. Jika hasil uji *t* menunjukkan nilai yang signifikan terhadap adanya peningkatan hasil belajar mahasiswa maka dilanjutkan dengan analisis *gain score* ternormalisasi. *Gain score* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar peningkatan hasil belajar mahasiswa. Rumus *gain score* ternormalisasi adalah sebagai berikut.

$$g = \frac{\text{rerata\_skor\_posttest} - \text{rerata\_skor\_pretest}}{100 - \text{rerata\_nilai\_pretest}}$$

Kriteria *gain score* hasil belajar mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3 Kriteria Gain Score Hasil Belajar Mahasiswa**

Skor gain	Kategori
$(g) < 0,3$	Rendah
$0,3 < (g) < 0,7$	Sedang
$(g) > 0,7$	Tinggi

Sumber: Hake (1999)

Rerata dari hasil mengerjakan soal *pretests* dan *posttest* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rerata penilaian} = \frac{\sum \text{nilai\_yang\_diperoleh\_mahasiswa}}{\sum \text{mahasiswa}}$$

Rerata hasil belajar kognitif, maka selanjutnya dikonversikan dengan standar kriteria penilaian di IAIN Mataram yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Konversi Skor ke Nilai Akhir Matakuliah**

Nilai Huruf	Nilai Angka
A	≥ 85
B	≥ 70
C	≥ 55
D	≥ 40
E	< 40

### HASIL

Uji coba produk awal dilakukan oleh validator dan praktisi lapangan. Penilaian pertama diperoleh dari validator ahli pengembangan bahan ajar. Masukan yang diperoleh dari ahli pengembangan bahan ajar yakni gambar yang dicantumkan dalam buku ajar harus memiliki kontras yang baik. Analisis hasil validasi oleh ahli pengembangan bahan ajar terhadap produk buku ajar yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Ringkasan Analisis Hasil Validasi oleh Ahli Pengembangan Bahan Ajar**

No	Aspek	Jumlah Indikator	Skor Validasi/ Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori	Keputusan Uji
1	Ukuran Buku	2	8/8	100%	Valid	Tidak Revisi
2	Desain Kulit Buku	15	57/60	95%	Valid	Tidak Revisi
3	Desain Isi Buku	33	124/132	93,9%	Valid	Tidak Revisi

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa aspek ukuran buku mendapatkan persentase 100%, aspek desain kulit buku mendapatkan persentase 85%, dan aspek desain isi buku mendapatkan persentase 93,9%. sehingga buku aspek tersebut tidak perlu direvisi, demikian pula dengan aspek. Hasil perhitungan persentase penilaian buku ajar pada Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa secara keseluruhan buku ajar berkategori valid dan tidak perlu direvisi karena memperoleh persentase penilaian produk secara keseluruhan sebesar 94,5%. Uji coba selanjutnya oleh validator ahli materi. Analisis hasil validasi oleh ahli materi terhadap produk buku ajar yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Ringkasan Analisis Hasil Validasi Ahli Materi**

No	Aspek	Jumlah Indikator	Skor Validasi/ Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori	Keputusan Uji
1	Kelayakan Bahasa	3	12/12	100%	Valid	Tidak Revisi
2	Kebenaran Materi	10	39/40	97,5%	Valid	Tidak Revisi
3	Kebenaran Visualisasi	7	27/28	96,4%	Valid	Tidak Revisi
4	Soal-soal Evaluasi Sesuai dengan Capaian Pembelajaran	1	4/4	100%	Valid	Tidak Revisi

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa aspek kelayakan bahasa dan kesesuaian soal-soal evaluasi dengan capaian pembelajaran mendapatkan persentase 100%, kebenaran materi mendapatkan persentase 97,5% serta kebenaran visualisasi mendapatkan persentase sebesar 85,7% sehingga aspek-aspek tersebut tidak perlu direvisi. Hasil perhitungan persentase penilaian buku ajar pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa secara keseluruhan buku ajar berkategori valid dan tidak perlu direvisi karena memperoleh persentase penilaian produk secara keseluruhan sebesar 97,6%. Hasil validasi dari ahli materi tidak hanya berupa skor penilaian kelayakan buku ajar, namun diperoleh juga saran untk perbaikan buku ajar. Saran dan masukan hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Saran dan Masukan Hasil Validasi Oleh Ahli Materi**

No	Saran
1	Keterangan gambar NAP harus diberikan kepanjangan sebelumnya
2	Pertimbangan mengenai pengenceran sampel limbah hingga konsentrasi $10^{-3}$ perlu dicantumkan
3	“morfologi sel bakteri” dan “morfologi koloni bakteri” perlu dibedakan
4	Penggunaan metode sumuran sebagai salah satu cara dalam menentukan isolat bakteri yang paling potensial perlu dicantumkan
5	Konsep mengenai bioreduksi sebagai “proses penurunan valensi suatu senyawa dengan bantuan mikroba” perlu diperjelas
6	Daftar pustaka harus dilengkapi agar sesuai dengan yang dicantumkan dalam isi buku
7	Kata depan pada awal kalimat harus dihilangkan
8	Sebaiknya terdapat kalimat pengantar sebelum mencantumkan sebuah gambar

Hasil uji coba produk awal yang ketiga diperoleh dari praktisi lapangan. Masukan yang diperoleh dari praktisi pendidikan yakni ilustrasi pada sampul buku hendaknya menggambarkan kondisi penambangan emas di Sekotong Barat, dan perlu dipertimbangkan untuk memberi batasan-batasan tertentu pada informasi yang disampaikan sehingga tidak terkesan bahwa membaca produk buku ajar tidak ada bedanya dengan membaca isi tesis. Analisis hasil validasi oleh praktisi pendidikan terhadap produk buku ajar yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8. Ringkasan Analisis Hasil Validasi Praktisi Lapangan**

No	Aspek	Jumlah Indikator	Skor Validasi/ Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori	Keputusan Uji
1	Aspek Penyajian	3	10/12	83,3%	Valid	Tidak Revisi
2	Aspek Isi Materi Buku	4	14/16	87,5%	Valid	Tidak Revisi
3	Kelayakan Bahasa	3	9/12	75%	Cukup Valid	Tidak Revisi
4	Kebenaran Materi	10	40/40	100%	Valid	Tidak Revisi
5	Kebenaran Visualisasi	7	24/28	85,7%	Valid	Tidak Revisi
6	Soal-soal Evaluasi Sesuai dengan Capaian Pembelajaran	1	3/4	75%	Cukup Valid	Tidak Revisi

Tabel 8 menunjukkan bahwa aspek penyajian mendapatkan persentase 83,3%, aspek isi materi buku memperoleh persentase 87,5%, aspek kelayakan bahasa memperoleh 100%, kebenaran visualisasi sebesar 85,7% dan kesesuaian soal-soal evaluasi dengan capaian pembelajaran sebesar 75% sehingga keseluruhan aspek buku tersebut tidak perlu direvisi. Hasil perhitungan persentase penilaian buku ajar pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa secara keseluruhan buku ajar berkategori valid dan tidak perlu direvisi karena memperoleh persentase penilaian produk secara keseluruhan sebesar 89,3%.

Uji coba buku ajar dilakukan setelah revisi produk tahap awal selesai dan diujicobakan pada mahasiswa semester 7 angkatan 2014. Analisis hasil uji coba produk utama terhadap produk buku ajar yang dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9. Ringkasan Analisis Hasil Uji Coba Produk Utama**

No	Aspek	Jumlah Indikator	Skor Validasi/ Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori	Keputusan Uji
1	Kemudahan Penyajian	1	105/124	84,7%	Valid	Tidak Revisi
2	Kemenarikan	2	217/248	87,5%	Valid	Tidak Revisi
3	Keterpahaman	4	404/496	81,5%	Valid	Tidak Revisi

Berdasarkan Tabel 9, diketahui bahwa aspek kemudahan penyajian mendapatkan persentase 84,7%, aspek kemenarikan memperoleh persentase 87,5%, dan aspek keterpahaman sebesar 81,5% sehingga keseluruhan aspek buku tersebut tidak perlu direvisi. Hasil perhitungan persentase penilaian buku ajar pada tabel di atas juga menunjukkan bahwa secara keseluruhan buku ajar berkategori valid dan tidak perlu direvisi karena memperoleh rata-rata persentase penilaian produk dari 31 orang mahasiswa sebesar 81,6%.

Uji coba buku ajar tidak hanya bertujuan untuk memperoleh hasil penilaian mahasiswa mengenai keyakan dari buku ajar yang dikembangkan, tetapi bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan buku ajar terhadap pemahaman mahasiswa terhadap materi pada buku ajar dengan mengukur hasil belajar kognitif dari nilai *pre test* dan *post test*. Hasil belajar afektif diukur dari nilai *pre test* dan *post test*. Data *pre test* dan *post test* dianalisis dengan uji  $t$  berpasangan yang menunjukkan hasil signifikan dengan nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  (2,042) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat peningkatan hasil belajar kognitif mahasiswa.

Hasil uji  $t$  yang signifikan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *gain score*. Nilai rerata *pre test* kognitif klasikal sebesar 38,9, sedangkan untuk data nilai *post test* kognitif mengalami peningkatan dengan rerata 68,6. Data selanjutnya dianalisis menggunakan *gain score* yang memperoleh kriteria tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses belajar mengajar dengan berbantuan buku ajar mikrobiologi dapat meningkatkan hasil belajar kognitif mahasiswa.

Hasil belajar afektif dinilai dengan menggunakan soal-soal uraian pada saat *pre test* dan *post test*. Nilai rerata *pre test* afektif klasikal yakni 52,8, sedangkan untuk data nilai *post test* afektif mengalami peningkatan dengan rerata 71,8. Data selanjutnya dianalisis menggunakan *gain score* yang memperoleh kriteria tinggi, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses belajar mengajar dengan berbantuan buku ajar mikrobiologi dapat meningkatkan hasil belajar afektif mahasiswa. Selain penilaian hasil belajar kognitif dan afektif dilakukan pula penilaian ketuntasan belajar berdasarkan nilai mengerjakan soal-soal evaluasi dalam buku ajar. Penilaian ketuntasan belajar dari hasil mengerjakan soal evaluasi dalam buku ajar menunjukkan bahwa mahasiswa dapat mencapai ketuntasan belajar hingga 100%.

## PEMBAHASAN

Produk buku ajar yang dikembangkan telah divalidasi oleh para ahli, yakni ahli pengembangan bahan ajar, ahli materi, dan praktisi lapangan pada tahap uji coba tahap awal (*Preliminary Filed Test*) serta telah dinilai kelayakannya oleh mahasiswa pada tahap uji coba produk utama (*Main Field Testing*). Pengembangan buku ajar mikrobiologi disusun sesuai dengan komponen-komponen buku yang telah ditetapkan dalam BSNP (2006) mengenai unsur naskah buku, dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

### 1. Sampul Depan

Sampul depan buku ajar yang telah direvisi berisi identitas buku ajar yang dikembangkan meliputi judul buku, penulis buku, dosen pembimbing, identitas instansi penulis, serta dilengkapi gambar yang menggambarkan isi atau materi dalam buku ajar. Berdasarkan saran dari validator praktisi pendidikan, sebaiknya gambar pada sampul mampu mengilustrasikan kondisi penambangan emas sehingga pada sampul buku setelah direvisi dicantumkan gambar dari alat *trommel* yang digunakan dalam penambangan. Latar belakang belakang sampul depan berwarna ungu tua dengan huruf berwarna putih sehingga menampilkan kontras yang baik.

### 2. Sampul Belakang

Sampul belakang berisi identitas diri penulis dengan latar berwarna merah muda dengan gambar bakteri sebagai latar belakang halaman. Huruf pada sampul belakang menggunakan *font Comic Sans 10* berwarna hitam.

### 3. Kata Pengantar

Kata pengantar berisi uraian yang mengantar pembaca buku untuk mengetahui isi buku ajar, tujuan dikembangkannya buk ajar, serta harapan penulis dengan adanya buku ajar yang dikembangkan.

### 4. Daftar Isi, Daftar Tabel, Daftar Gambar

Daftar isi, daftar tabel, dan daftar gambar memuat nomor halaman tempat ditemukannya suatu bab, tabel, dan gambar dalam buku ajar.

### 5. Bagian Isi

Batang tubuh (isi) buku terdiri atas tujuh bab sebagai berikut.

#### a. Bab I: Pendahuluan

Bab I berisi materi mengenai pengertian mikroorganisme, morfologi bakteri, dan peranan mikrobiologi di berbagai bidang. Penjelasan mengenai pengertian mikroorganisme dilengkapi informasi bahwa meskipun bakteri secara umum berdiameter sekitar 0,5 $\mu$ m-2 $\mu$ m, namun ketika jumlahnya mencapai  $10 \times 10^6$  maka sel-sel tersebut dapat terlihat dalam bentuk kekeruhan dalam suspensi atau tampak sebagai koloni bakteri dengan diameter beberapa milimeter di atas media agar (Benson, 2001). Penjelasan ini diberikan karena pada bab selanjutnya dalam buku ajar akan membahas mengenai koloni bakteri dalam media padat dan pembuatan suspensi bakteri dalam media cair.

Pembahasan mengenai morfologi bakteri dalam buku ajar tidak hanya memberikan informasi mengenai 3 bentuk umum bakteri (coccus, bacil, dan spiral), namun juga memberi informasi mengenai ukuran dan contoh spesies dari bakteri berfilamen dan cyanobacteria (Bitton, 2005). Informasi ini memberikan informasi pada pembaca buku bahwa ada jenis bakteri lain yang berukuran lebih besar dari 3 bentuk umum yang paling dikenal. Peranan mikrobiologi di berbagai bidang yang terdapat dalam bab ini membahas mengenai peranan mikrobiologi di bidang pangan, kedokteran, dan juga di bidang lingkungan.

#### b. Bab II: Penambangan Emas di Sekotong Barat

Bab II pada buku ajar membahas mengenai kondisi penambangan emas di Sekotong Barat. Daerah Sekotong secara umum telah didatangi oleh para penambang emas liar sejak tahun 2008, baik yang berasal dari daerah Sekotong maupun dari daerah lain (Munir, 2015). Hingga beberapa tahun selanjutnya, penambangan emas liar terus berlanjut dan daerah Sekotong Barat termasuk daerah yang paling banyak ditemukannya lokasi penambangan emas liar. Penambangan emas menimbulkan kekhawatiran tersendiri terkait kondisi lingkungan yang disebabkan adanya limbah merkuri dari proses penambangan emas yang dibuang ke sekitar halaman rumah penduduk.

#### c. Bab III: Propagasi Limbah Penambangan Emas

Bab III merupakan bab yang mengawali pembahasan mengenai tahapan dalam uji bioreduksi merkuri menggunakan bakteri indigen dari limbah penambangan emas. Propagasi merupakan tahap awal yang harus dilakukan sebelum melakukan isolasi bakteri yang diinginkan. Tahap ini merupakan tahap perbanyakan mikroorganisme yang dilakukan dengan mencampur sampel limbah dengan media perbanyakan bakteri (Priadi, 2012).

#### d. Bab IV: Isolasi Bakteri Indigen Pereduksi Merkuri

Bab IV berisi pembahasan mengenai langkah-langkah dalam mengisolasi bakteri yang berpotensi mereduksi merkuri dari limbah penambangan emas. Beberapa bakteri dapat tumbuh dengan baik pada hampir semua media kultur dan sebagian bakteri memerlukan media selektif. Media selektif menyediakan nutrisi dan kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan bakteri yang diinginkan namun menghambat pertumbuhan bakteri lainnya (Tortora, 2010).

e. Bab V: Bioreduksi Logam Merkuri dengan Pemanfaatan Bakteri Indigen Secara *In Vitro*

Bab V membahas mengenai langkah-langkah uji bioreduksi merkuri dengan memanfaatkan bakteri indigen. Pengujian daya bioreduksi merkuri dilakukan pada bioreaktor yang terdiri atas media cair *Nutrient Broth* yang diperkaya dengan dengan HgCl<sub>2</sub> 30 ppm. Bab ini juga membahas mengenai mekanisme resistensi bakteri terhadap merkuri. Bakteri memiliki mekanisme untuk detoksifikasi merkuri didasarkan pada reduksi intrasel dari Hg<sup>2+</sup> menjadi Hg<sup>0</sup> oleh enzim merkuri reduktase yang tergabung dalam operon *mer*. Hg<sup>0</sup> yang terbentuk kemudian berdifusi keluar dari dalam sel melalui difusi pasif (Dash & Das, 2012). Bab ini juga menjelaskan bahwa konsorsium bakteri indigen tidak selalu lebih efektif dari pada isolat monokultur yang disebabkan karena adanya kompetisi dalam hal kecepatan pengambilan nutrisi, kecepatan metabolisme, dan kecepatan pertumbuhan tiap bakteri dalam konsorsium (Madigan, 2012).

f. Bab VI: Identifikasi Bakteri Indigen Pereduksi Merkuri

Bab ini membahas mengenai tahap identifikasi bakteri yang meliputi identifikasi sifat morfologi dan fisiologi. Identifikasi sifat morfologi meliputi pewarnaan Gram, pengamatan bentuk koloni dan sel. Identifikasi sifat fisiologi menggunakan uji biokimia yang meliputi uji reaksi lisin dekarboksilase, ornitin dekarboksilase, produksi H<sub>2</sub>S, fermentasi glukosa, manitol, xilosa, β-galaktosidase (ONPG), produksi indol, hidrolisis urease, reaksi Voges Proskauer (VP), penggunaan sitrat, triptopan deaminase (TDA), pencairan gelatin, penghambatan malonat, fermentasi inositol, sorbitol, rhamnosa, sukrosa, laktosa, arabinosa, adonitol, rafinosa, dihidroksilase argin, hidrolisis amilum, reduksi kasein, hemolisis, dan reduksi nitrat-nitrit. (Bergey., *et al*, 2009)

g. Bab VII: Penutup

Bab VII berisi rangkuman dari seluruh materi yang dibahas dalam buku ajar serta memuat soal-soal evaluasi yang digunakan untuk mengukur ketuntasan belajar mahasiswa.

## 6. Daftar Pustaka

Daftar pustaka memuat penjabaran mengenai sumber rujukan yang digunakan dalam penyusunan buku ajar. Daftar pustaka disusun berdasarkan petunjuk penulisan karya ilmiah yang digunakan di Universitas Negeri Malang, yaitu nama pengarang, tahun terbit, judul buku, tempat terbit, dan penerbit.

## 7. Glosarium

Glosarium memuat definisi mengenai istilah-istilah yang dicantumkan dalam isi buku. Glosarium menggunakan *font Comic Sans* dengan 1, 15 spasi.

## 8. Indeks

Informasi mengenai halaman tempat ditemukannya kata atau istilah dalam isi buku. Indeks menggunakan *font Comic Sans* dengan 1 spasi.

Tahap uji coba produk utama dari buku ajar dilakukan dengan mengajarkan materi-materi dalam buku ajar pada mahasiswa semester 7 jurusan pendidikan Biologi IAIN Mataram dengan menggunakan metode *Reading, Questioning, dan Answering* (RQA). Upaya untuk mengetahui manfaat buku ajar dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa dalam ranah kognitif dan afektif dilakukan dengan model *One Group Pre-Test Post-Test Design* berdasarkan nilai *pre test* dan *post test*. Sementara itu, ketuntasan belajar mahasiswa terhadap materi-materi yang diajarkan peneliti dinilai dari hasil mengerjakan soal-soal evaluasi dalam buku ajar yang dikonversi dengan penilaian angka matakuliah di IAIN Mataram. Soal-soal yang diberikan kepada mahasiswa semuanya berupa soal uraian terbuka.

Analisis *gain score* dari hasil *pre tests* dan *post test* kognitif memperoleh nilai 1 dengan kriteria pemahaman terhadap materi tinggi. Pengukuran hasil belajar afektif juga menunjukkan peningkatan, dengan analisis *gain score* dari hasil *pre test* dan *post test* afektif memperoleh nilai 0,9 dengan kriteria tinggi. Penilaian ketuntasan belajar dari hasil mengerjakan soal evaluasi dalam buku ajar menunjukkan bahwa mahasiswa dapat mencapai ketuntasan belajar hingga 100% yakni 9 orang memperoleh nilai C, 21 orang memperoleh nilai B, dan 1 orang memperoleh nilai A. Data yang telah disebutkan di atas menunjukkan bahwa penggunaan buku ajar dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai materi yang diajarkan. Peningkatan hasil belajar dan pencapaian ketuntasan belajar mahasiswa dapat dicapai karena pemilihan metode pembelajaran yang ditunjang dengan penggunaan buku ajar yang sesuai. Produk buku ajar dijadikan sebagai pedoman belajar oleh mahasiswa untuk mempersiapkan dirinya baik secara individu maupun kelompok sebelum mengikuti pembelajaran (Sitepu, 2014). Upaya persiapan diri oleh mahasiswa ditunjang oleh metode RQA yang menugaskan mahasiswa untuk membaca materi dalam buku ajar sebelum materi tersebut diajarkan.

### SIMPULAN

Produk pengembangan buku ajar untuk matakuliah mikrobiologi telah layak dan valid. Tahap pengembangan buku ajar dilakukan hingga tahap *Operational Product Revision*, sehingga untuk pengembangan selanjutnya diharapkan uji coba dapat dilakukan dalam skala yang lebih luas.

### DAFTAR RUJUKAN

- Benson. 2001. *Microbiological Application Lab Manual*. New York: Mc. Graw- Hill.
- Bergey, D. H., & Breed, R. S. 2009. *Bergeys's Manual of Determinative Bacteriology*. Baltimore: The William & Wilkins Company.
- Bitton, G. 2005. *Wastewater Microbiology*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. 1983. *Educational Research: An Introduction*. New York: Pearson Education Company.
- BSNP. 2006. *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Pendidikan.
- Hake, R.R. 1999. *Analyzing Change/Gain Score*. Departement of Physic: Indiana University.
- Madigan, M.T., Martinko, J. M & Parker, J. 2012. *Brock Biology of Microorganisms*. San Francisco: Pearson Education.
- Munir, A. 2015. Limbah Merkuri Selimuti Bombana, Sekotong, dan Cisitu. (Online), (<http://www.menlh.go.id/menlhk-bertemu-srikandi-bike-to-work-b2w-indonesia/>), diakses 25 Agustus 2015.
- Prastowo, A. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar*. Yogyakarta: Diva Press.
- Priadie, L. 2012. *Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. Bandung: Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kementerian PU.
- Riduwan. 2015. *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sitepu, B.P. 2014. *Penulisan Buku Teks Pelajaran*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Tarigan, D.J & Tarigan, H. G. 1989. *Telaah Buku Teks Bahasa Indonesia*. Bandung: Angkasa.
- Tortora. 2010. *Microbiology: An Introduction*. Tenth Edition. United State of America: Benjamin Cummings.