

PENGEMBANGAN BUKU AJAR MATAKULIAH BIOLOGI SEL BERBASIS *IN SILICO*

Dianing Eka Pupitasari, Mohamad Amin, Betty Lukiat
Pendidikan Biologi Pascasarjana-Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang. E-mail: dianuspitasari826@gmail.com

Abstract: The material presented in Cell Biology course one of them is the Cell Aging (Aging). In these materials can be developed research in *Silico* to broaden the knowledge of students with innovative bioinformatics approach based learning with a reverse screening method. The method used is Dick and Carey (2009) Model Development. The results of research in the form textbook Cell Biology courses based in *Silico* which has been validated by subject matter experts, media, and small-scale trials. Results from subject matter experts by 91.43% for feasibility component contents, 77.33% for eligibility presentation and 72.72% for the use of language. For media experts obtained 89.70% and 93% for small-scale trials.

Keywords: cell biology, textbook, Dick and Carey, *In Silico*

Abstrak: Materi yang disajikan dalam matakuliah Biologi Sel salah satunya adalah Penuaan Sel (*Aging*). Pada materi ini dapat dikembangkan penelitian *In Silico* untuk memperluas pengetahuan mahasiswa dengan inovasi pembelajaran berbasis pendekatan Bioinformatika dengan metode *reverse screening*. Metode penelitian yang digunakan adalah Model Pengembangan Dick and Carey (2009). Hasil penelitian berupa buku ajar matakuliah Biologi Sel berbasis *In Silico* yang telah divalidasi oleh ahli materi, media, dan uji coba skala kecil. Hasil dari ahli materi sebesar 91,43% untuk komponen kelayakan isi, 77,33% untuk kelayakan penyajian dan 72,72% untuk penggunaan bahasa. Untuk ahli media diperoleh 89,70% dan 93% untuk uji coba skala kecil.

Kata kunci: biologi sel, buku ajar, Dick and Carey, *In Silico*

Buku ajar (*lecturenotes*) ditujukan sebagai kelengkapan proses pembelajaran dengan ciri ruang lingkupnya dibatasi kurikulum dan silabus. Penulisan buku ajar berorientasi pada transformasi pengetahuan yang sistematis dan terstruktur. Format buku ajar meliputi tata letak dan sistematika. Buku ajar merupakan bagian dari kelengkapan atau sarana pembelajaran yang memiliki misi menghantarkan materi sesuai dengan kurikulum dan silabus (LKPP UNHAS, 2015).

Buku ajar menyediakan fasilitas bagi kegiatan belajar mandiri, baik tentang substansinya maupun tentang penyajiannya. Penggunaan buku ajar merupakan bagian dari budaya buku yang menjadi salah satu tanda masyarakat maju. Buku ajar harus memuat sejumlah prinsip yang dapat meningkatkan kompetensi yang hendak dimiliki mahasiswa. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mencapai hal tersebut adalah perancangan sejumlah soal latihan yang berbasis pencarian informasi secara terprogram (Kurniawan, 2011).

Biologi Sel merupakan studi tentang struktur dan fungsi sel prokariotik maupun eukariotik yang membahas beberapa bidang seluler, seperti sintesis dan fungsi makromolekul (DNA, RNA, dan protein), kontrol ekspresi gen, struktur dan fungsi membran sel, bioenergetika, dan komunikasi seluler (Yaich, 2002). Menurut Talhouk (2011) pembelajaran Biologi Sel memberikan pemahaman dasar tentang struktur, fungsi dan interaksi fungsional dari komponen sel dan organel dari lingkungan mikronya. Di dalam pembelajaran Biologi Sel, mahasiswa diharapkan dapat melatih pemahaman, kemampuan penalaran (*reasoning*), aplikasi konsep, berpikir analitik, serta memperluas wawasan mahasiswa tentang fenomena kehidupan yang berhubungan dengan struktur, fungsi, serta keterkaitan antara struktur dan fungsi sel. Agar mampu mempelajari konsep Biologi Sel tersebut mahasiswa harus memiliki kemampuan penalaran yang logis, berpikir analitik, serta imajinasi yang kuat (Saptono, dkk, 2013).

Pembahasan pada Biologi Sel berkaitan dengan struktur dan fungsi, metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi, penuaan sel, apoptosis, dan transmisi sinyal merupakan beberapa materi yang sulit untuk dijelaskan kepada mahasiswa. Mahasiswa sering menganggap materi tersebut abstrak sehingga mereka sulit memahami konsep tentang fenomena, keterkaitan, serta mekanisme sel dalam jaringan (Lukitasari dan Herawati, 2014). Saptono, dkk. (2013) juga berpendapat bahwa masih banyak ditemukan mahasiswa yang tidak mampu memahami materi yang terdapat dalam pembelajaran Biologi Sel. Hal ini disebabkan karena mahasiswa tidak mampu mengembangkan kemampuan berpikir untuk menjawab suatu permasalahan. Mahasiswa lebih banyak menghafalkan reaksi-reaksi kimia yang terjadi dalam sel daripada memahami reaksi-reaksi kimia tersebut dan mencoba menemukan keterkaitan faktor-faktor yang menyebabkan reaksi kimia tersebut terjadi. Pendidik seharusnya membimbing mahasiswa secara aktif membangun hubungan antara konsep-konsep Biologi Sel dan keterkaitannya dengan kehidupan sehari-hari, misalnya untuk masalah kesehatan (Verhoeff dan Pieter, 2003). Menurut Wisner (2002) pendidik

perlu memberikan kemudahan kepada mahasiswa untuk mengakses informasi lebih luas melalui literatur ilmiah yang memungkinkan mahasiswa secara kritis dapat mengevaluasi hasil dan kesimpulan belajar mereka. Pada akhirnya, mahasiswa dapat menghubungkan keterkaitan antara konsep yang mereka pelajari dengan masalah yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Solusi yang dapat ditempuh dalam mencapai tujuan tersebut yaitu dengan mengembangkan buku ajar Biologi Sel (Hoskinson, dkk, 2012).

Perkembangan IPTEK memengaruhi perubahan kurikulum dalam menciptakan lulusan yang kompeten di bidangnya. Perubahan kurikulum berimbas pada komponen isi matakuliah dan bahan ajar di perguruan tinggi. Terkait hal tersebut, buku ajar yang dikembangkan sebagai bahan ajar harus memuat bagian integral dari pengembangan kurikulum dan sistem pembelajaran yang telah disesuaikan dengan perubahan dan perkembangan IPTEK (Safitri, dkk, 2014). Berdasarkan permasalahan tersebut diperlukan buku ajar Biologi Sel yang sesuai dengan implikasi perkembangan IPTEK dan pengembangan kurikulum, salah satunya adalah buku ajar Biologi Sel berbasis pendekatan bioinformatika.

Bioinformatika adalah ilmu gabungan antara ilmu biologi dan ilmu komputer. *Database online* yang tersedia adalah *GenBank* dari Amerika Serikat (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>), *DDBJ* dari Jepang (<http://www.ddbj.nig.ac.jp/>), dan *EBI* dari Uni Eropa (<http://www.ebi.ac.uk/>), (Claverie, *et al.*, 2006). Penggunaan bioinformatika sangat berperan penting di berbagai bidang. Kajian dalam bioinformatika tidak terlepas dari perkembangan biologi molekuler modern. Salah satu contoh penggunaan bioinformatika yang paling umum digunakan di bidang klinis adalah untuk memprediksi mekanisme aksi suatu senyawa alami di berkaitan dengan efek pencegahan dan penyembuhannya terhadap suatu kondisi maupun penyakit tertentu seperti *aging*.

Aging atau penuaan merupakan materi yang terdapat pada matakuliah Biologi Sel di level perguruan tinggi. Capaian pembelajaran yang terdapat pada Rencana Perkuliahan Semester matakuliah Biologi Sel, dijelaskan kompetensi yang dicapai setelah pembelajaran adalah mahasiswa mampu menggunakan konsep, prinsip, dan prosedur dalam kajian penelitian Biologi Sel untuk menemukan, menganalisis, dan memecahkan permasalahan dengan penerapan IPTEK dalam kajian Biologi Sel berbasis kesehatan. Melalui pendekatan bioinformatika, materi *aging* dapat dikaitkan dengan permasalahan yang terjadi di kehidupan sehari-hari terutama masalah kesehatan pada manusia.

Aging/penuaan merupakan proses dinamis yang kompleks dan dihasilkan oleh perubahan-perubahan sel, fisiologis, dan psikologis yang terjadi pada manusia (Widiyanto, 2009). Pada dasarnya penuaan merupakan peristiwa yang normal dan alamiah yang dialami oleh setiap manusia. Penuaan akan menjadi masalah jika terjadi lebih awal atau biasa disebut sebagai penuaan dini. Penuaan yang terjadi pada manusia khususnya pada wanita menjadi perhatian saat ini. Idealisasi para wanita yang menanamkan rasa benci dan takut terhadap penuaan membuat para wanita berusaha agar tetap awet muda (Rahmadhani, 2014). Salah satu upaya para wanita untuk tetap awet muda yaitu menggunakan senyawa kimia *anti aging*. *Anti aging* terkait dengan upaya mencegah, memperlambat atau membalikkan efek penuaan. Namun demikian, sebagian besar produk dan teknologi *anti aging* mengandung zat kimia yang berbahaya. Zat tersebut dapat berdampak buruk bagi tubuh manusia. Solusi yang dapat ditawarkan adalah dengan penggunaan senyawa alami *anti aging* yang lebih aman salah satunya adalah senyawa alami yang terdapat pada tanaman cokelat (*Theobroma cacao* L.).

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan peneliti ketika menempuh matakuliah Biologi Sel, materi yang sering diperoleh sebelumnya hanya membahas materi konsep saja. Perlu dilakukan inovasi baru untuk memperkaya wawasan dan pengetahuan salah satunya materi penuaan sel menggunakan pendekatan bioinformatika. Pendekatan bioinformatika dengan analisis *reverse screening* dapat digunakan untuk mencari protein target yang terlibat dalam mekanisme *aging* dari senyawa flavan-3-ol yang digunakan sebagai senyawa penghambat *aging*. Mekanisme *pathway* dalam *aging* dan flavan-3-ol sebagai senyawa *anti aging* pada matakuliah Biologi Sel materi penuaan sel dapat diketahui melalui metode *reverse screening*. Angket yang telah disebar kepada 20 orang mahasiswa UM yang telah menempuh matakuliah Biologi Sel, pendukung pernyataan bahwa materi penuaan sel pada matakuliah Biologi Sel perlu untuk diberi inovasi baru menggunakan pendekatan bioinformatika. *Reverse screening* adalah metode yang digunakan untuk memprediksi kandidat senyawa yang dapat menempel pada protein atau ligan apa saja untuk memprediksi suatu obat tertentu, dalam hal ini obat untuk *anti aging*. *Reverse screening* dapat digunakan untuk memprediksi mekanisme aksi suatu senyawa *anti aging* berdasarkan jalur-jalur sinyal (*cellular pathways*) maupun proses-proses biologis yang dimediasi oleh beberapa protein-protein yang menjadi target interaksi dari senyawa yang bersangkutan.

METODE

Metode penelitian pengembangan ini menggunakan *Research & Development* yang mengadaptasi model pengembangan Dick & Carey (2009). Metode pengembangan Dick & Carey terdiri dari tiga belas tahapan dan tahapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

1) Identifikasi Tujuan Pengembangan Buku ajar

Tujuan pengembangan buku ajar adalah agar mahasiswa mampu melakukan *reverse screening* senyawa alami dalam tanaman cokelat sebagai senyawa *anti aging* secara mandiri maupun berkelompok dan mampu melakukan interpretasi data secara baik dan benar.

2) Melakukan Analisis Pembelajaran

Pengembangan buku ajar matakuliah Biologi Sel dengan judul “Mengeksplor Senyawa Alami *Anti Aging* secara *In Silico* pada matakuliah Biologi Sel” bertujuan:

- a. mahasiswa memahami hakikat dan prinsip *aging*;
- b. mahasiswa memahami mekanisme *aging*;
- c. mahasiswa memahami hakikat dan prinsip *skin aging*;
- d. mahasiswa memahami hakikat dan prinsip *anti aging* dan senyawa alami *anti aging*;
- e. mahasiswa memahami manfaat penggunaan pendekatan bioinformatika dalam matakuliah Biologi Sel;
- f. mahasiswa memahami hakikat dan prinsip metode *reverse screening* dalam bioinformatika untuk mencari senyawa alami *anti aging*;
- g. mahasiswa memodelkan senyawa flavan-3-ol menggunakan *database* bioinformatika;
- h. mahasiswa mengoperasikan penggunaan *database* Bioinformatika;
- i. mahasiswa memprediksi protein target senyawa flavan-3-ol dalam *skin aging* melalui *database* Bioinformatika;
- j. mahasiswa menghubungkan penerapan *reverse screening* dalam memprediksi protein target pada materi *aging*.

3) Mengidentifikasi kemampuan, karakteristik, dan kebiasaan yang dilakukan peserta didik

Pada tahap ini dilakukan dengan membagikan angket kepada 20 mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Malang yang telah mengikuti matakuliah dan dinyatakan lulus dalam Matakuliah Biologi Sel menggunakan angket dan melakukan wawancara dengan dosen pengampu Matakuliah Biologi Sel.

4) Mengembangkan Instrumen Penelitian

Buku ajar biologi sel menggunakan pendekatan bioinformatika yang berisi materi penuaan sel pada proses selanjutnya akan divalidasi oleh ahli materi dan ahli media pembelajaran menggunakan lembar validasi dan berisi deskripsi penilaian yang akan dinilai oleh validator.

5) Menentukan Strategi Pengembangan

Pada penelitian *in silico* yaitu pengembangan buku ajar didasarkan pada pengkajian pustaka yang relevan dan materi yang akan dikembangkan berdasarkan implikasi penelitian *in silico*. Beberapa pustaka atau referensi yang digunakan terkait dengan pengembangan buku ajar yaitu berasal dari media cetak berupa buku teks, skripsi, tesis dan jurnal penelitian, dan media online berupa jurnal online dan data dari *database* molekuler *online*. Pengembangan buku ajar direncanakan di awal agar dapat secara tepat memilih bagan dari materi *reverse screening* apa saja yang perlu ditambahkan di dalam buku ajar.

6) Memilih Materi Pembelajaran

Materi pembelajaran pada buku ajar, yaitu (1) Bab 1: Aging, (2) Bab 2: Bioinformatika, dan (3) Bab 3: *Reverse Screening*

7) Mengembangkan Buku Ajar

Buku ajar yang dikembangkan pada penelitian ini adalah suatu paket pembelajaran memuat satu unit konsep dari bahan pelajaran sebagai salah satu usaha untuk penyelenggaraan pembelajaran individual yang memungkinkan mahasiswa menguasai satu unit bahan pelajaran sebelum dia beralih kepada unit berikutnya yang meliputi:

- a. dasar teori materi penuaan sel terkait dengan *anti aging*;
- b. tutorial sebagai panduan bagi mahasiswa untuk memandu mahasiswa agar dapat belajar secara mandiri;
- c. materi yang dijelaskan dalam buku ajar ini secara umum adalah bagian dari interpretasi data pada penelitian *in silico*.

Buku ajar yang disajikan berisi materi penuaan sel dan interpretasi pada penelitian *in silico*. Hal ini diharapkan agar mahasiswa dapat terfokus pada materi penuaan sel. Mahasiswa juga dapat mempelajari materi *reverse screening* selain memahami teori-teori dasar bioinformatika yang digunakan pada materi penuaan sel pada matakuliah Biologi Sel. Buku ajar juga berisi materi yang menjelaskan tentang informasi-informasi terkait yang mendukung materi *reverse screening* yang dapat digunakan mahasiswa untuk mengintegrasikan semua informasi yang diperoleh menjadi suatu pemahaman dan penguasaan konsep.

8) Validasi Draft Buku ajar Oleh Ahli Materi dan Ahli Media Pembelajaran

Pada tahap ini *draft* buku ajar divalidasi untuk kualitas produk yang baik oleh validator ahli materi dan media pembelajaran.

9) Uji Coba Skala Kecil

Uji coba skala kecil dilakukan setelah mendapatkan saran dan masukan dari proses validasi oleh validator. Subyek uji coba pada tahap ini adalah 15 mahasiswa yang telah mengikuti matakuliah Biologi Sel. Uji coba dilakukan terhadap 15 mahasiswa yang memiliki kemampuan di atas rata-rata atau dengan memiliki nilai yang baik khususnya pada matakuliah Biologi Sel. Subyek uji coba skala kecil yang lain juga dilakukan oleh mahasiswa yang telah menempuh matakuliah Biologi Sel dengan pertimbangan memiliki kemampuan yang lebih tinggi dibandingkan mahasiswa lain. Hal ini bertujuan agar hasil uji coba skala kecil tentang kelayakan dan kualitas buku ajar lebih maksimal. Uji coba dimaksudkan agar mendapat masukan dari

pengguna buku ajar sebagai subyek yang akan menggunakan produk yang telah dikembangkan meliputi saran, kritik, dan komentar terkait buku ajar.

10) Revisi Produk (Buku ajar)

Revisi produk dilakukan setelah mendapat saran dan masukan untuk memperbaiki isi produk yang dikembangkan dalam hal ini buku ajar bioinformatika. Revisi diperoleh berdasarkan data dari validator ahli materi, media dan uji coba perseorangan.

11) Jenis Data

Jenis data yang diperoleh berupa data kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif diperoleh dari *output* maing-masing *software* maupun *web server* yang digunakan pada penelitian *in silico*, hasil validasi oleh validator ahli materi dan media serta hasil wawancara uji coba perseorangan dan angket yang diberikan terhadap mahasiswa. Data kualitatif yaitu berupa data yang mendukung data kuantitatif pada penelitian *in silico* berupa visualisasi menggunakan *software* Pymol dan masukan dari masing-masing validator serta uji coba perseorangan.

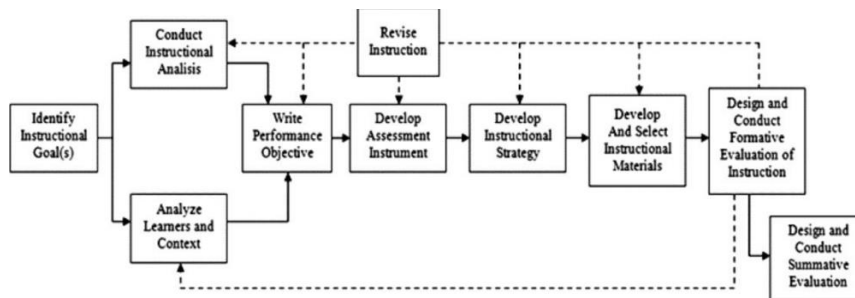
12) Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data pada penelitan ini yaitu berupa lembar angket untuk pengembangan buku ajar dan berupa lembar *output* yang diperoleh dari masing-masing *software* maupun *web server* yang digunakan pada penelitian *in silico*.

13) Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk mengolah data dari hasil tinjauan para ahli menggunakan analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Analisis deskriptif kualitatif digunakan untuk mengolah data dari review para ahli. Teknik analisis data deskriptif kualitatif dengan cara mengelompokkan informasi-informasi berdasarkan data kualitatif berupa saran dan masukan dari validasi ahli materi dan media. Hasil analisis data kualitatif digunakan sebagai acuan untuk memperbaiki produk yang akan dikembangkan yaitu berupa buku ajar.

Dari ketigabelas tahapan Dick & Carey di atas, dapat diringkas sebagaimana tersaji dalam diagram model pengembangan Dick & Carey di bawah ini (Tabel 1).



Gambar 1. Diagram Model Pengembangan Dick and Carey (dalam Sofyan, 2013)

Skor yang diperoleh berdasarkan hasil validasi ahli yang terkumpul kemudian dianalisis untuk memperoleh gambaran tentang buku ajar yang akan dikembangkan. Hasil yang diperoleh dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{\sum(\text{Keseluruhan skor jawaban angket})}{n \times \text{jumlah responden}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = menyatakan persentase penilaian

n = menyatakan jumlah seluruh butir angket

Hasil persentase yang diperoleh kemudian ditafsirkan sesuai dengan kriteria tingkat kevalidan sesuai dengan tabel 1 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Kelayakan Buku Ajar

Tingkat Pencapaian	Kategori	Keputusan
85—100	Sangat valid	Perlu direvisi
65 < 85	Valid	Direvisi
45 < 64	Kurang valid	Direvisi
0 < 44	Sangat kurang valid	Direvisi

(Purwanto, 2004)

HASIL

Penyajian Data Uji Coba

Hasil penelitian tahap 2 ini meliputi penyajian data hasil validasi ahli materi dan media, uji coba perseorangan, revisi serta analisis data.

Data Hasil Pengembangan

Data yang diperoleh selama pengembangan buku ajar terdiri atas data penilaian oleh validator ahli materi, media, dan mahasiswa.

Data Penilaian dari Validator Ahli Materi

Validasi materi oleh validator ahli materi dilakukan oleh Dr. Umie Lestari, M.Si. Beliau merupakan dosen pengampu matakuliah Biologi Sel. Komponen penilaian terdiri atas komponen kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan penggunaan bahasa. Data yang diperoleh selama tahap validasi ahli materi berupa penilaian secara kualitatif, kuantitatif, dan saran/masukan terhadap materi pada buku ajar. Berdasarkan proses validasi diperoleh hasil sebagaimana tersaji pada Tabel 2, 3, dan 4.

Tabel 2. Hasil Penilaian Buku Ajar oleh Validator Ahli Materi berdasarkan Komponen Kelayakan Isi

Aspek yang Dinilai	Skor yang diperoleh
Kelengkapan Materi	4
Kedalaman materi	5
Keluasan materi	5
Keakuratan konsep dan definisi	5
Keakuratan prinsip	4
Keakuratan dalam pemilihan contoh	5
Keakuratan dalam soal latihan	5
Keakuratan gambar, diagram, dan ilustrasi	5
Keakuratan notasi, simbol, dan ikon	5
Keakuratan rujukan	4
Penalaran	5
Kejelasan topik	5
Keruntutan	5
Komunikasi	4
Penerapan	5
Ketuntasan materi	5
Kemenarikan materi	5
Kesesuaian dengan perkembangan ilmu	5
Kelengkapan Materi	5
Kedalaman materi	5
Keluasan materi	5
Jumlah	105
Persentase	96,19%

Tabel 3. Hasil Penilaian Buku Ajar oleh Validator Ahli Materi berdasarkan Komponen Kelayakan Penyajian

Aspek yang Dinilai	Skor yang diperoleh
Konsistensi sistematika penyajian	4
Keruntutan konsep	4
Keseimbangan antar bab	5
Soal latihan di akhir pembelajaran	5
Kunci jawaban	5

Aspek yang Dinilai	Skor yang diperoleh
Umpan balik	5
Keterpusatan pada peserta didik	4
Merangasang metakognisi peserta didik	5
Merangasang daya imajinasi, kreasi dan berpikir kritis peserta didik	5
Glosarium	5
Rangkuman	5
Daftar pustaka	5
Bagian pendahuluan	5
Bagian isi	5
Bagian penyudah	5
Jumlah	72
Persentase	96%

Tabel 4. Hasil Penilaian Buku Ajar oleh Validator Ahli Materi berdasarkan Komponen Penggunaan Bahasa

Aspek yang Dinilai	Skor yang diperoleh
Kesesuaian dengan tingkat perkembangan peserta didik	4
Ketepatan struktur kalimat (SPOK)	5
Keefektifan kalimat	4
Keterbacaan pesan	5
Ketepatan bahasa	5
Keruntutan dan keterpaduan bab	5
Keruntutan dan keterpaduan paragraf	5
Kemampuan menyampaikan pesan	4
Kemampuan memotivasi pesan	5
Konsistensi penggunaan istilah	5
Konsistensi penggunaan simbol atau ikon	5
Jumlah	52
Persentase	94,54%

Berdasarkan hasil validasi materi diperoleh persentase sebesar 96,19% untuk kelayakan isi, 96% untuk kelayakan penyajian, dan 94,54% untuk komponen penggunaan bahasa. Beberapa saran yang diberikan oleh validator ahli materi adalah penggunaan bahasa baku dan komunikatif harus diperhatikan, materi harus dijeaskan lebih runtut lagi, konsep yang tidak perlu dicek ulang, dan materi yang disajikan hendaknya lebih mudah. Saran tersebut digunakan sebagai revisi produk lebih lanjut. Berdasarkan saran yang diberikan oleh validator ahli materi, materi buku ajar direvisi hingga mendapatkan persentase kelayakan 100%.

Media

Validasi materi oleh validator ahli materi dilakukan oleh Dr. Munzil, S.Pd., M.Si. Beliau merupakan dosen yang ahli di bidang media pembelajaran. Komponen penilaian terdiri atas komponen kelayakan kegrafikan. Data yang diperoleh selama tahap validasi ahli media berupa penilaian secara kualitatif, kuantitatif, dan saran/masukan terhadap tampilan buku ajar. Berdasarkan proses validasi diperoleh hasil sebagaimana tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penilaian Buku Ajar Oleh Validator Ahli Media berdasarkan Kegrafikan

Aspek yang Dinilai	Skor yang Diperoleh
Kesesuaian ukuran buku ajar dengan standar ISO	4
Kesesuaian materi dengan buku ajar	5
Penampilan unsur letak pada kulit muka, belakang, dan punggung memiliki keastuan (<i>unity</i>)	4
Tampilan tata letak unsur pada muka, punggung, dan belakang, sesuai/harmonis dan memberikan kesan irama yang baik	5
Menampilkan pusat panang (<i>point center</i>) yang baik	4
Penampilan unsur tata letak konsisten (sesuai pola)	4
Ukuran unsur tata letak proporsional	4
Warna unsur tata letak harmonis dan memperjelas fungsi	4
Ukuran huruf judul buku lebih dominan dan proporsional dibandingkna ukuran buku, nama pengarang	5
Warna judul buku kontras dengan warna latar belakang	4
Kombinasi jenis huruf harus efisien	4

Aspek yang Dinilai	Skor yang Diperoleh
Menggambarkan isi/materi ajar dan menggunakan karakter obyek	5
Bentuk, warna, ukuran, proporsi obyek sesuai konsep dan realita	4
Penempatan unsur tata letak kosnsiten sesuai alur piker	5
Pemisahan antar paragraf jelas	5
Bidang cetak dan margin proporsional	5
Margin dua halaman yang berdampingan proporsional	4
Spasi antara teks dan ilustrasi sesuai	5
Penempatan judul jelas	5
Penempatan ilustrasi dan keterangan gambar jelas	4
Penempatan ilustrasi tidak mengganggu struktur kalimat yang lain	4
Penempatan judul, ilustrasi, dan keterangan jelas	4
Menggunakan jenis huruf seperlunya	5
Penggunaan variasi huruf efisien sesuai kebutuhan	5
Lembar susunan teks normal	5
Spasi antar huruf normal	5
Spasi antar baris susunan teks normal	5
Jenjang/hierarki judul-judul jelas, konsisten dan proporsional	5
Tanda pemotongan kata	5
Mampu mengungkap makna/arti obyek	4
Bentuk akurat dan proporsional sesuai dengan kenyataan	4
Penyajian keseluruhan ilustrasi serasi	4
Kreatif dan dinamis	4
Jumlah	148
Persentase	89,70%

Berdasarkan hasil validasi kegrafikan media diperoleh persentase sebesar 89,70%. Beberapa saran yang diberikan oleh Validator Ahli Media adalah perlu penambahan prodi pada sampul buku, hasil *print out* kurang baik pada sampul buku, perlu diberi punggung buku, gambar diperjelas, dan dicantumkan sumber gambar. Saran tersebut digunakan sebagai revisi produk lebih lanjut.

Data Penilaian dari Uji Coba Perseorangan

Uji coba perseorangan dilakukan kepada 15 mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi yang pernah mengikuti matakuliah Biologi Sel. Data yang diperoleh selama tahap uji coba perseorangan berupa penilaian secara kualitatif, kuantitatif, dan saran/masukan terhadap keseluruhan isi dan tampilan pada buku ajar. Saran atau masukan yang diberikan oleh mahasiswa digunakan sebagai bahan revisi produk. Berdasarkan proses validasi diperoleh hasil sebagaimana tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Penilaian Buku Ajar Oleh Uji Coba Perseorangan

Aspek yang Dinilai	Validator															P
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Visual (disain dan tata letak)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	96
Sistematika penulisan	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	97,3
Bahasa	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	88
Narasi penyampaian isi materi	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	85,3
Daya tarik terhadap isi materi	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	96
Isi materi mudah dipahami dan dimengerti	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	85,3
Keterbantuan mahasiswa dalam pembelajaran menggunakan buku ajar	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	98,6
Kemudahan struktur materi	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	97,2
Rerata																93

Berdasarkan uji coba perseorangan diperoleh rata-rata persentase sebesar 93% dari 15 mahasiswa sebagai subjek uji coba. Saran yang diberikan kepada mahasiswa sebagian besar adalah tentang kesalahan pengetikan, seperti telomere, pengaturan, selyang, bagiannyauntuk, senescen, menonjolterkait, kesalahan penulisan *italic*, konsistensi dalam penggunaan istilah, kata-kata yang sulit dipahami seperti: *photoaging*, melanisasi, talangiectasias, lipoatrofi, *database*, *software*, apoptosis perlu ditambahkan dalam glosarium, dan perjelas gambar sehingga dapat terbaca dengan baik.

PEMBAHASAN

Pembahasan Tentang Hasil Validasi dan Revisinya




Berdasarkan hasil validasi isi materi buku ajar oleh validator ahli materi dapat disimpulkan bahwa buku ajar Biologi Sel dengan persentase secara umum sangat baik, tetapi masih perlu untuk direvisi lebih lanjut untuk kesempurnaan buku ajar. Nilai rerata P = 96,19% pada komponen kelayakan isi termasuk dalam kategori sangat baik. Kelayakan penyajian buku ajar Biologi Sel memiliki nilai rerata P = 96%, termasuk dalam kategori sangat baik dan tetap memerlukan revisi lebih lanjut. Komponen penggunaan bahasa dengan nilai rerata 94,54%, termasuk dalam kategori sangat baik tetap memerlukan revisi lebih lanjut (Purwanto, 2004). Menurut validator ahli materi buku ajar perlu direvisi hingga benar-benar sempurna dan layak digunakan sebagai buku ajar seperti yang dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kajian Produk yang Direvisi dari Ahli Materi

No.	Aspek	Sebelum Revisi	Setelah Revisi
1	Kelengkapan Materi	Materi kurang menggambarkan tentang pembahasan utama pada <i>skin aging</i> , tambahkan pembahasan tentang bagian-bagian kulit dan senyawa alami <i>anti aging</i>	Pada bab 1 telah ditambahkan sub bab materi <i>skin aging</i> yang dilengkapi dengan subsub bab materi struktur histologis kulit, pengertian <i>skin aging</i> , mekanisme <i>skin aging</i> karena paparan UV dan peranan MMPs pada <i>skin aging</i> . Senyawa alami <i>anti aging</i> dijeskan dijelaskan pada sub bab berikutnya.
2	Kedalaman materi		Tanpa revisi
3	Keluasan materi		Tanpa revisi
4	Keakuratan konsep dan definisi		Tanpa revisi
5	Keakuratan prinsip	Materi yang dijabarkan harus memuat prinsip-prinsip Biologi Sel, memuat contoh teori-teori yang berkaitan	Pada bab 1 materi yang dijabarkan teori-teori yang menjelaskan faktor-faktor penyebab <i>aging</i> seperti <i>wear and tear theory</i> , <i>the neuroendocrinology theory</i> , <i>the genetic control theory</i> , dan <i>the free radical theory</i>
6	Keakuratan dalam pemilihan contoh		Tanpa revisi
7	Keakuratan dalam soal latihan		Tanpa revisi
8	Keakuratan gambar, diagram, dan ilustrasi		Tanpa revisi
9	Keakuratan notasi, simbol, dan ikon		Tanpa revisi
10	Keakuratan rujukan	Rujukan diperjelas dengan beberapa jurnal terkait dan dicantumkan pada daftar rujukan	Tambahan rujukan jurnal adalah jurnal tentang pembelajaran biologi sel
11	Penalaran		Tanpa revisi
12	Kejelasan topik		Tanpa revisi
13	Keruntutan		Tanpa revisi
14	Komunikasi	Bahasa yang digunakan harus lebih komunikatif karena digunakan untuk bahan belajar mahasiswa	Penjelasan <i>photoaging</i> , <i>database</i> , <i>software</i> dijelaskan dalam glosarium
		Penggunaan kata serapan bahasa asing seperti <i>photoaging</i> , <i>database</i> , <i>software</i> , jelaskan maksudnya	
15	Penerapan		Tanpa revisi
16	Kemenarikan materi		Tanpa revisi
17	Ketuntasan materi		Tanpa revisi
18	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu		Tanpa revisi
19	Kelengkapan materi		Tanpa revisi
20	Kedalaman materi		Tanpa revisi
21	Keluasan materi		Tanpa revisi

Berdasarkan validator ahli media dengan P = 89,70% termasuk dalam kategori sangat baik (Purwanto, 2004). Buku ajar (*lecture notes*) ditujukan sebagai kelengkapan proses pembelajaran dengan ciri ruang lingkupnya dibatasi kurikulum dan silabus. Penulisan buku ajar berorientasi pada transformasi pengetahuan yang sistematis dan terstruktur. Format buku ajar meliputi tata letak dan sistematika. Buku ajar merupakan bagian dari kelengkapan atau sarana pembelajaran yang memiliki misi menghantarkan materi sesuai dengan kurikulum dan silabus (LKPP UNHAS, 2015). Buku ajar tetap membutuhkan revisi untuk penyempurnaan sehingga lebih layak digunakan seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kajian Produk yang Direvisi dari Ahli Media

No.	Aspek	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1	Penampilan unsur letak pada kulit muka, belakang, dan punggung memiliki keastuan (<i>unity</i>)	Belum diberi punggung buku	Telah diberi punggung buku
			
2	Menampilkan pusat pandang (<i>point center</i>) yang baik	Tata letak komponen bagian sampul dibuat seimbang	Sampul telah diperbaiki
			
3	Penampilan unsur tata letak konsisten (sesuai pola)	Pola yang digunakan dalam penjabaran materi harus sesuai	Pola yang digunakan sudah disesuaikan
4	Ukuran unsur tata letak proporsional	Ukuran font terlalu kecil	Ukuran font telah diperbesar sesuai kapasitas buku

5 Warna judul buku kontras dengan warna latar belakang

Hasil *print out* sampul buku kurang jelas



Sampul telah direvisi



6. Kombinasi jenis huruf harus efisien

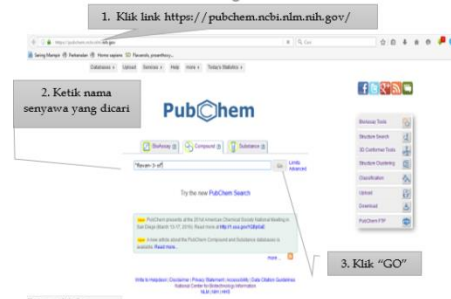
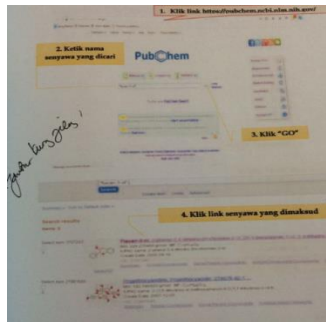
Jangan menggunakan kombinasi

Kombinasi huruf sudah disesuaikan

7. Penempatan ilustrasi dan keterangan gambar jelas

huruf yang banyak Gambar kurang jelas

Gambar sudah diperjelas



Berdasarkan uji coba perseorangan diperoleh rata-rata persentase sebesar 93% dari 15 mahasiswa sebagai subjek uji coba termasuk dalam kategori sangat baik (Purwanto, 2004). Saran yang diberikan kepada mahasiswa telah direvisi seperti yang terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kajian Produk yang Direvisi dari Ujicoba Perorangan

No.	Sebelum revisi	Sesudah Revisi
1	telomere	telomer
2	menonjolterkait	menonjol terkait
3	selyang	sel yang
4	pengaturan	pengaturan
5	bagiannyauntuk	bagiannya untuk
6	senescen	<i>senescent</i>
7	kata-kata yang sulit dipahami seperti: <i>photoaging</i> , melanisasi, talangiectasias, lipoatrofi, <i>database</i> , <i>software</i> , apoptosis perlu ditambahkan dalam glosarium	<i>photoaging</i> , melanisasi, talangiectasias, lipoatrofi, <i>database</i> , <i>software</i> , apoptosis perlu ditambahkan dalam glosarium sudah ditambahkan ke glosarium
8	perjelas gambar sehingga dapat terbaca dengan baik	gambar sudah diperjelas

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil validasi buku ajar oleh validator ahli materi dan media dapat disimpulkan bahwa buku ajar Biologi Sel sangat baik digunakan, tetapi masih perlu untuk direvisi lebih lanjut untuk kesempurnaan buku ajar. Nilai rerata $P = 96,19\%$, $P = 96\%$, dan $P = 94,54\%$, oleh ahli media $P = 89,70\%$ termasuk dalam kategori sangat baik tetap memerlukan revisi lebih lanjut. Pada hasil ujicoba perseorangan buku ajar dinyatakan sangat baik untuk digunakan dalam pembelajaran Biologi Sel dengan beberapa revisi yang diperlukan dengan nilai rerata $P = 93\%$ (Purwanto, 2004).

Saran

Saran Pemanfaatan, Diseminasi, dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut

1. Saran Pemanfaatan

Berdasarkan kajian produk yang telah direvisi diberikan beberapa saran sebagai berikut.

- Perlu rujukan terkait protein target yang berperan dalam proses *aging* lebih banyak lagi agar prediksi lebih akurat
- Perlu dilakukan kajian melalui uji laboratorium untuk menguji kevalidan hasil penelitian *in silico*
- Buku yang dikembangkan memuat beberapa referensi yang dapat dengan mudah dipahami agar materi yang terdapat dalam buku ajar tidak terdapat banyak kesalahan konsep.
- Buku yang dikembangkan lebih baik dilakukan validasi lebih banyak agar lebih sempurna.

2. Saran Diseminasi

Penyebarluasan hasil-hasil penelitian ini dapat menggunakan beberapa media antara lain media cetak dengan menulis artikel melalui jurnal kependidikan, jurnal sains/bioteknologi baik skala nasional maupun internasional, ikut dalam seminar/simposium, didistribusikan ke perpustakaan atau diterbitkan kepada khalayak umum setelah melalui beberapa proses (validasi ahli dan keterbacaan dan proses *editing*) sehingga hasil lebih telah teruji kevalidannya.

3. Pengembangan produk lebih lanjut

Pengembangan produk lebih lanjut dengan melakukan beberapa hal sebagai berikut.

- Buku ajar ini bisa dikembangkan lebih lanjut untuk materi yang lebih luas pembahasannya misalnya dilengkapi dengan materi apoptosis dan nekrosis.
- Selain senyawa alami *anti aging* bisa digunakan senyawa alami untuk penyakit atau gangguan lain, seperti *anti cancer* atau *autis* agar lebih luas lagi informasi yang diperoleh pada penelitian *in silico* berbasis *reverse screening*.

DAFTAR RUJUKAN

- Claverie, J.M. 2006. *Bioinformatics for Dummies*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Hoskinson, A.M., M.D. Caballero & J.K. Knight. 2012. How can we improve problem solving in undergraduate biology? Applying lessons from 30 years of physics education research. *Life Sciences Education Journal*. (Online), 1—16, (<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1209/1209.0745.pdf>), diakses 11 Juli 2016.
- Kurniawan, K. 2011. *Handout Matakuliah Menulis Buku Ajar/Ilmiah*, (http://File.Upi.Edu/Direktori/Fpbs/Jur._Pend._Bhs._dan_Sastra_Indonesia/196601081990021/Khaerudin_Kurniawan/Handout_Buku_Ajar.Pdf), diakses 22 Juni 2016.
- Lukitasari, M & Herawati, S. 2014. The Improvement of Students' Ability to Learn Cell Biology and Discuss Its Application In Live Through The Implementation Of The Student Team Achievement Divisions (Stad) With Lesson Study (Ls). *The Second International Conference on Education and Language (2nd ICEL) Bandar Lampung University (UBL)*. (Online), 128—133. ISSN 2303-1417, (<https://www.google.co.id/search?q=permasalahan+dalam+pembelajaran+biologi+sel&oq=permasalahan+dalam+pembelajaran+biologi+sel&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>), diakses 11 Juli 2016.
- Purwanto, M.N. 2004. *Prinsip-Prinsip dan Teknik Evaluasi Pengajaran*. Jakarta: PT. Remaja Rosdakarya.
- Safitri, D., Siti, Z & Abdul, G. 2014. Pengembangan Bahan Ajar Matakuliah Biologi Sel Pada Program Studi Pendidikan Biologi di Universitas Nusantara PGRI Kediri. *Jurnal Bioedukasi*. (Online), 7(2): 47—52, ISSN: 1693-2654, (https://www.google.co.id/?gws_rd=cr&ei=KmWDV-HCLcrA0gSdqHQDQ#), diakses 11 Juli 2016.
- Sofyan, A. I. 2013. Pengembangan Modul Desain Sistem Pembelajaran untuk Guru Bahasa Indonesia Berbasis Web. *Jurnal Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, (http://is.its.ac.id/pubs/oajis/index.php/file/download_file/453), diakses 22 Juni 2016.

- Saptono, S., N.Y. Rustaman & Saefudin, A.W. 2013. Model Integrasi Atribut Asesmen Formatif (IAAF) dalam Pembelajaran Biologi Sel untuk Mengembangkan Kemampuan Penalaran dan Berpikir Analitik Mahasiswa Calon Guru. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*. (Online) 2(1): 31—40, (<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jpii>), diakses 11 Juli 2016.
- Talhouk, R. 2011. *Cell Biology Syllabus*. American University of Beirut Faculty of Arts and Sciences Department of Biology.
- Verhoeff & Pieter, R. 2003. *Towards Systems Thinking in Cell Biology Education*. CD-β Press Utrecht: Netherlands. ISBN: 90-73346-56-8.
- Wiser, M.F. 2002. *Lecture Notes for Methods in Cell Biology (TRMD 623)*, (Online), (<http://www.tulane.edu/~wiser/methods/notes.pdf>), diakses 11 Juli 2016.
- Yaich, L. 2002. *Cell Biology Syllabus*. The University of Pittsburgh.