

PENGEMBANGAN BUKU AJAR MATAKULIAH BIOLOGI SEL DENGAN PENDEKATAN BIOINFORMATIKA UNTUK MAHASISWA S1 PENDIDIKAN BIOLOGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Kartika Juliana, Mohamad Amin, Endang Suarsini
Pendidikan Biologi Pascasarjana-Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang. E-mail: kartikajuliana89@gmail.com

Abstract: The purpose of this research is to produce research based textbook on Cell Biology of by using bioinformatics approaches. This study adapted the ADDIE development model. Feasibility of the textbook is based on the results of product testing by experts and small groups. Types of data collected is quantitative and qualitative data. The collected data have analyzed by quantitative and qualitative descriptive. The tests conducted by subject matter experts gave validity percentage of 93.15 %, an expert assessment of the media at 88.64 %, while a small group votes for 87.5 %. Based on the validation results, the textbook that has been developed is very valid and feasible to be used.

Keywords: textbook, ADDIE, cell biology, bioinformatics

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan buku ajar Biologi Sel dengan pendekatan Bioinformatika. Penelitian ini mengadaptasi model pengembangan ADDIE. Kelayakan buku ajar didasarkan pada hasil uji coba produk oleh tim ahli dan kelompok kecil. Jenis data yang dikumpulkan adalah data kuantitatif dan data kualitatif. Data yang telah terkumpul dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil validasi yang dilakukan oleh ahli materi memberikan nilai persentase kevalidan buku ajar sebesar 93.15%, penilaian dari ahli media sebesar 88.64%. sedangkan penilaian uji perorangan sebesar 87.5%. Berdasarkan hasil validasi maka buku ajar yang dikembangkan dikategorikan sangat valid dan layak untuk dipergunakan.

Kata kunci: buku ajar, ADDIE, biologi sel, bioinformatika

Biologi sel merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang sel baik secara struktural dan fungsional mulai dari yang sederhana sampai jaringan yang kompleks. Melalui biologi sel, dapat dipelajari pergerakan, reproduksi, pertumbuhan serta perubahan sel. Bahkan secara lebih spesifik, biologi sel juga berkaitan dengan anatomi dan fisiologis sel yang memungkinkan dilakukannya penelitian tentang normal tidaknya sel. Perkembangan kajian dalam bidang biologi sel pada akhirnya sangat membantu penemuan penyebab penyakit, penemuan obat dan vaksin, memperbaiki hasil pertanian dan perbaikan kondisi lingkungan (Bisceglia, 2014).

Biologi Sel merupakan salah satu matakuliah yang wajib ditempuh oleh mahasiswa tingkat Strata 1 (S1) Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang. Capaian pembelajaran (*learning outcome*) pada matakuliah Biologi Sel ini, yaitu mahasiswa mampu menguasai konsep, prinsip, dan prosedur dalam kajian Biologi Sel; serta 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. Capaian tersebut merujuk pada pencapaian pembelajaran bagi mahasiswa S1 yang dirumuskan dalam Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) level 6, yaitu mampu mengaplikasikan bidang keahliannya dan memanfaatkan IPTEK pada bidangnya dalam penyelesaian masalah serta mampu beradaptasi terhadap situasi yang dihadapi (Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2011).

Bioinformatika adalah ilmu yang mempelajari penerapan teknik komputasional untuk mengelola dan menganalisis informasi hayati. Bidang ini mencakup penerapan metode-metode matematika, statistika, dan informatika untuk memecahkan masalah-masalah biologi, terutama yang terkait dengan penggunaan sekuen DNA dan asam amino. Contoh topik utama bidang ini meliputi pangkalan data untuk mengelola informasi hayati, penyejajaran sekuens (*sequence alignment*), prediksi struktur untuk meramalkan struktur protein ataupun struktur sekunder RNA, analisis filogenetik, dan analisis ekspresi gen (Witarto, 2010).

Pada saat ini, bioinformatika digunakan dalam (1) manajemen data secara sederhana sehingga memudahkan peneliti dalam mengakses dan mengirimkan data baru hasil penelitiannya, (2) mengembangkan alat yang membantu dalam analisis dan menginterpretasikan data biologi, dan (3) alat untuk membantu menginterpretasikan data bidang biologi lain (Bayat 2002; Luscombe *et. al*, 2001). Perangkat utama Bioinformatika adalah *software* dan didukung oleh kesediaan internet. Oleh sebab itu, perlu adanya pengetahuan mengenai bioinformatika ini sehingga dapat digunakan sebagai perkembangan metode dalam analisis dalam bidang molekuler.

Proses perkuliahan pada matakuliah Biologi Sel masih dilaksanakan dengan menggunakan metode ceramah, diskusi, tanya jawab, dan penugasan. Sumber belajar yang digunakan dalam perkuliahan selama ini hanya bersifat teoritis belum ada yang bersifat aplikatif sehingga pencapaian pembelajaran yang mengharapkan 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 belum seutuhnya tercapai. Pengembangan buku ajar Biologi Sel dengan pendekatan Bioinformatika diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang ada sehingga *learning outcome* yang diharapkan dapat tercapai. Pernyataan ini diperkuat dengan hasil angket mahasiswa yang telah menempuh matakuliah Biologi Sel, menyatakan bahwa 100% responden dari 20 mahasiswa setuju apabila dikembangkan buku ajar Biologi Sel dengan pendekatan bioinformatika pada materi *aging*. Berdasarkan hasil wawancara dosen pengampu setuju bila dilakukan pengembangan bahan ajar berupa buku ajar nonteks untuk matakuliah Biologi Sel dengan pendekatan bioinformatika yang diimplementasikan terutama pada materi *aging*.

Buku teks pelajaran merupakan buku yang dipakai untuk mempelajari atau mendalami suatu subjek pengetahuan dan ilmu serta teknologi, sehingga mengandung penyajian asas-asas tentang subjek tersebut, termasuk karya kependitaan (*scholarly, literary*) terkait subjek yang bersangkutan. Menurut Permendiknas nomor 2 tahun 2008, buku teks merupakan buku acuan yang wajib digunakan pada satuan pendidikan yang memuat materi pembelajaran dalam rangka meningkatkan keimanan, ketakwaan, akhlak mulia, dan kepribadian, penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi, peningkatan kepekaan estetis, peningkatan kemampuan kinestetis, dan kesehatan yang disusun berdasarkan standar nasional pendidikan.

Penyusunan buku ajar berupa buku pengayaan pada matakuliah Biologi Sel berjudul *Eksplorasi Senyawa Alami Potensi Anti Aging melalui Virtual Screening*. Materi yang dituliskan pada buku ajar ini merupakan implikasi proses dan hasil dari penelitian *virtual screening* yang dikompilasi dengan beberapa materi pendukung, yaitu biologi sel, bioinformatika, dan beberapa jurnal penelitian yang berkaitan. Penyusunan buku ajar ini mengacu pada tahapan pengembangan ADDIE oleh Branch (2009). Model pengembangan ADDIE dipilih karena konsep ADDIE sederhana, namun memberikan banyak petunjuk dalam proses pengembangan suatu produk pembelajaran yang terdiri atas 5 tahapan, yaitu *analyze, design, develop, implement* dan *evaluate*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yaitu pengembangan buku ajar matakuliah biologi sel berupa buku ajar pengayaan yang berjudul *Eksplorasi Senyawa Alami Potensi Anti Aging melalui Virtual Screening*. Pengembangan buku ajar ini mengadaptasi model pengembangan ADDIE oleh Branch (2009). Model pengembangan ADDIE dipilih karena konsep ADDIE sederhana namun memberikan banyak petunjuk dalam proses pengembangan suatu produk pembelajaran yang terdiri atas 5 tahapan, yaitu *analyze, design, develop, implement, dan evaluate*.

Tujuan tahap menganalisis (*analyze*) ini yaitu untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab dari ketidakseimbangan kondisi nyata dengan kondisi ideal (*performance gap*) atau masalah yang ada di lingkungan. Pada tahapan desain (*design*) ini dilakukan perencanaan buku ajar yang akan dikembangkan, yaitu tentang buku ajar pengayaan yang berjudul *Eksplorasi Senyawa Alami Potensi Anti Aging melalui Virtual Screening*. Pada tahapan *develop* (pengembangan) ini, meliputi membuat, mengembangkan, memodifikasi dan melakukan uji coba buku ajar yang akan digunakan dalam matakuliah Biologi sel. Uji coba produk buku ajar untuk matakuliah Biologi sel ini dilakukan oleh para ahli antara lain, ahli materi Biologi sel, ahli media dan uji perorangan. Pada tahap selanjutnya, dilakukan evaluasi formatif hasil validasi berupa revisi dari ahli materi Biologi sel, ahli media, dan uji perorangan. Pada tahapan *implement* bertujuan untuk menyiapkan lingkungan belajar untuk menarik minat peserta didik. Pada penelitian ini, buku ajar yang dikembangkan tidak diterapkan dalam proses pembelajaran karena keterbatasan waktu penelitian, tetapi hanya diujicobakan secara perorangan. Terakhir adalah tahap *evaluate*, tahap ini digunakan untuk menganalisis hasil dari tahapan pengembangan yang dilakukan, apakah sudah layak digunakan atautkah perlu direvisi.

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

Tabel 1. Kriteria Skor Validasi pada Angket

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

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

$$P = \frac{TSe}{TSh} \times 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase kevalidan

TSe : Total skor yang dicapai

TSh : Total skor yang diharapkan

Tabel 2. Kriteria Kevalidan Data Hasil Penilaian Validator

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

(Diadaptasi dari Akbar, 2013)

HASIL

Buku ajar yang dikembangkan merupakan buku pengayaan yang digunakan pada materi *aging* pada mata kuliah Biologi Sel. Buku ajar dikembangkan dengan pendekatan Bioinformatika yaitu mengimplikasikan hasil penelitian dengan metode *virtual screening* untuk membantu mahasiswa dalam mengungkap potensi senyawa alami sebagai kandidat *antiaging*. Model pengembangan yang digunakan merupakan model pengembangan ADDIE. Hasil yang ditampilkan pada penelitian ini yaitu hasil dari tahapan *develop* pada uji coba pengembangan buku ajar yang telah dikembangkan. Pemaparan untuk hasil adalah sebagai berikut.

Penyajian Data Uji Coba

Produk yang dihasilkan dari penelitian dan pengembangan ini berupa buku ajar untuk mata kuliah Biologi Sel bagi mahasiswa Pendidikan Biologi, Program sarjana, Universitas Negeri Malang. Hasil penilaian produk berupa buku ajar secara kuantitatif dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu hasil validasi ahli materi (Tabel 3), hasil validasi ahli media (Tabel 4), dan hasil uji coba perorangan (Tabel 5). Selain itu, hasil penilaian secara kualitatif dari validator ahli materi, validator ahli media, dan uji coba kelompok kecil disajikan pada Tabel 6.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Hasil Validasi dari Ahli Materi

No.	Bagian yang Dinilai	Aspek Penilaian	$\sum X$	$\sum Xi$	%	Kategori
1	BAB 1 <i>Aging</i>	Keterkaitan	10	10	100	Sangat valid
		Keakuratan	17	20	85	Valid
		Kemudahan	9	10	90	Sangat valid
		Kelengkapan	14	15	93.34	Sangat valid
2	BAB 2 Bioinformatika	Keterkaitan	10	10	100	Sangat valid
		Keakuratan	18	20	90	Sangat valid
		Kemudahan	9	10	90	Sangat valid
		Kelengkapan	14	15	93.34	Sangat valid

No.	Bagian yang Dinilai	Aspek Penilaian	ΣX	ΣXi	%	Kategori
3	BAB 3 <i>Virtual Screening</i>	Keterkaitan	15	15	100	Sangat valid
		Keakuratan	17	20	85	Valid
		Kemudahan	15	15	100	Sangat valid
		Kelengkapan	14	15	93.34	Sangat valid
4	Glosarium	Keakuratan	5	5	100	Sangat valid
		Kemudahan	5	5	100	Sangat valid
		Kelengkapan	5	5	100	Sangat valid
Jumlah			177	190	93,15	Sangat valid

Tabel 4. Rekapitulasi Data Hasil Validasi dari Ahli Media Pembelajaran

No.	Bagian yang Dinilai	Aspek Penilaian	ΣX	ΣXi	%	Kategori
1.	Desain Sampul Buku	Tipografi sampul buku	32	40	80	Valid
		Tata letak				
2.	Desain Isi Buku	Pencerminan isi buku	60	65	92.30	Sangat valid
		Keharmonisan tata letak				
		Kelengkapan tata letak				
3.	Kaidah Penulisan	Tipografi isi buku	46	50	92	Sangat valid
		Ilustrasi isi				
		Tampilan buku				
		Penggunaan bahasa				
4.	Kelayakan Penyajian	Struktur buku	26	30	86.66	Sangat valid
		Keterbacaan				
		Etika penulisan				
		Bagian depan				
		Bagian isi				
		Bagian belakang				
Jumlah			164	185	88.64	Sangat valid

Tabel 5. Rekapitulasi Data Hasil Uji Coba Perorangan

No	Aspek	P (%)	Kategori	Keterangan
A	Kelayakan Materi Kesesuaian dengan tingkat perkembangan Mahasiswa Kesesuaian dengan nilai moral dan nilai sosial	83	Baik	Revisi
		90	Sangat baik	Tanpa revisi
	Manfaat untuk menambah wawasan	82	Baik	Revisi
B	Bahasa Bahasa yang digunakan etis, estetis, dan komunikatif . Kalimat yang digunakan mudah dipahami	92	Sangat baik	Tanpa revisi
		88	Sangat baik	Tanpa revisi
C	Penyajian Terdapat penjelasan terhadap istilah yang sulit atau tidak umum Kejelasan tujuan yang ingin dicapai Materi disajikan secarasistematis dan urut	72	Baik	Revisi
		90	Sangat baik	Tanpa revisi
		95	Sangat baik	Tanpa revisi

No	Aspek	P (%)	Kategori	Keterangan
D	Kegrafisan			
	Penggunaan font, jenis, dan ukuran huruf yang mudah dibaca	90	Sangat baik	Tanpa revisi
	Tata letak buku menarik	90	Sangat baik	Tanpa revisi
	Terdapat ilustrasi yang mempermudah dalam memahami materi pembelajaran	83	Baik	Revisi
	Desain tampilan buku menarik	90	Sangat baik	Tanpa revisi
E	Efisiensi			
	Keterbantuan mahasiswa dalam pembelajaran menggunakan buku ajar	92	Sangat baik	Tanpa revisi
	Kemudahan struktur materi	88	Sangat baik	Tanpa revisi
	Rata-rata	87,5	Sangat Baik	Tanpa Revisi

Tabel 6. Rekapitulasi Data Kualitatif Hasil Validasi dari Tim Ahli dan Kelompok Kecil

No.	Validator	Komentar
1.	Ahli Materi	a) Pada materi BAB 1 (<i>Aging</i>) perlu ditambah mekanisme senyawa <i>antiaging</i> b) Soal-soal harus disesuaikan oleh indikator.
2.	Ahli Media	a) Pemilihan <i>font</i> pada sampul buku masih kurang jelas, besar kecil <i>font</i> yang dipakai perlu diperhatikan untuk teks dan keterangan b) Beberapa keterangan gambar perlu diperjelas. c) Pemenggalan sumber yang berasal dari web perlu diperbaiki nama penulis dan editor diletakkan dibawah judul buku. d) Penulisan glosarium tidak perlu diberi point-point Penulisan daftar rujukan harus konsisten. e) Secara keseluruhan tampilan sudah menarik dan bagus
3.	Uji Coba Perorangan	a) Pada bagian kotak-kotak petunjuk ada yang terlalu ketepi b) Konsistensi penulisan c) Istilah asing harap ditulis dengan huruf italic d) Penulisan singkatan sebaiknya yang di dalam kurung kependekannya saja dan selanjutnya menggunakan kependekan e) Kata-kata sulit harap dilengkapi di glosarium f) Kesalahan penulisan harap diperbaiki g) Cukup baik h) Istilah asing harap ditulis dengan huruf italic i) Penulisan daftar gambar kurang tepat j) Warna judul pada sampul kurang kontras dengan warna sampul, k) Penulisan daftar pustaka perlu diperhatikan kembali l) Pemenggalan untuk alamat <i>web server</i> diperbaiki lagi agar lebih rapi

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

PEMBAHASAN

Kajian Produk setelah Revisi

Produk yang telah dikembangkan pada penelitian ini adalah produk berupa buku ajar. Buku ajar yang telah disusun berdasarkan dari hasil penelitian *virtual screening* kandidat senyawa alami inhibitor kompleks MMP1 dalam *anti aging* yang telah dilakukan peneliti. Judul buku ajar yang telah dikembangkan ialah *Eksplorasi Senyawa Alami Potensi Anti Aging melalui Virtual Screening*, menunjukkan hasil validasi buku ajar baik untuk digunakan sebagai penunjang matakuliah Biologi Sel dengan beberapa masukan dan saran dari validator ahli materi dan ahli media pembelajaran serta dari hasil uji perorangan. Hasil validasi ahli materi menyatakan layak dengan persentase sebesar 93,15% dengan kategori sangat baik atau sangat layak dengan memperoleh beberapa masukan sebagai berikut. *Pertama*, pada materi BAB 1 (*Aging*) perlu ditambah mekanisme senyawa *antiaging*. *Kedua*, soal-soal harus disesuaikan dengan indikator.

Hasil validasi ahli media pembelajaran menyatakan layak dengan persentase sebesar 88,64% dengan kategori sangat baik dan memperoleh beberapa masukan sebagai berikut. *Pertama*, pemilihan *font* pada sampul buku masih kurang jelas, besar kecil *font* yang dipakai perlu diperhatikan untuk teks dan keterangan. *Kedua*, beberapa keterangan gambar perlu diperjelas. *Ketiga*, pemenggalan sumber yang berasal dari web perlu diperbaiki. *Keempat*, penulisan glosarium tidak perlu diberi poin-poin. *Kelima*, secara keseluruhan tampilan sudah menarik dan bagus. Hasil uji perorangan menyatakan layak dengan persentase 87,5%.

Pengembangan buku ajar berupa buku pengayaan ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam ketercapaian pembelajaran. Buku ajar merupakan buku panduan pembelajaran yang digunakan oleh siswa maupun mahasiswa untuk membantu mencapai tujuan pendidikan nasional (BSNP, 2006). Pengembangan buku ajar ini berisi materi *aging*, bioinformatika serta teknik-teknik yang dilakukan pada *virtual screening*. Selain itu, buku ajar ini dilengkapi dengan gambar-gambar untuk membantu pemahaman materi yang ada. Sesuai dengan prosedur penelitian pengembangan, hasil pengembangan buku ajar berupa buku pengayaan penunjang matakuliah Biologi Sel ini terdapat revisi yang dilakukan dengan mempertimbangkan saran dan masukan dari ahli materi dan ahli media pembelajaran, serta uji coba perorangan untuk penyempurnaan buku ajar. Pengembangan bahan ajar yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat belajarnya adalah usaha terbaik untuk meningkatkan hasil belajar (Hera *et al.*, 2014). Depdiknas (2004) menyatakan bahwa bahan ajar yang baik ditulis dengan bahasa yang baik dan mudah dimengerti. Selain itu, yang terpenting adalah struktur kalimat harus mampu menggambarkan isi pesan yang ingin disampaikan tidak mengandung makna ganda dan informasi yang tidak relevan (Hasruddin *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penulis atau editor buku memiliki tanggungjawab besar untuk memastikan kejelasan bahasa, ketepatan informasi, serta menghindari kesalahan dalam pencetakan dan penulisan (Mohammad & Kumari, 2007).

Berdasarkan hasil validasi dan tahap perbaikan yang telah dilakukan, maka produk buku ajar telah dikembangkan dengan judul *Eksplorasi Senyawa Alami Potensi Anti Aging melalui Virtual Screening* dapat dinyatakan valid untuk digunakan. Kriteria yang digunakan untuk memutuskan bahwa media pembelajaran yang dibuat memiliki derajat validitas yang memadai adalah nilai validitas untuk keseluruhan aspek pada media minimal berada dalam kategori valid (Ramdani & Dini, 2011). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa buku ajar yang dikembangkan telah memadai untuk digunakan.

Saran Pemanfaatan, Desiminasi, dan Pengembangan Produk lebih Lanjut

Buku ajar yang telah dikembangkan dapat dijadikan sebagai tambahan informasi tentang materi *aging* yang dipelajari pada matakuliah Biologi sel. Metode penelitian dengan *virtual screening* yang dijabarkan pada buku ini dapat digunakan oleh dosen ataupun mahasiswa untuk mengungkap potensi senyawa alami lainnya, seperti anti kanker, diabetes, anti autisme dan lain sebagainya. Terkait desiminasi produk, saran yang dapat diberikan antara lain (1) buku ajar ini dikembangkan sebagai bahan ajar matakuliah Biologi Sel untuk mahasiswa S1 jurusan Biologi Universitas Negeri Malang. Oleh karena itu, penerapan pada skala yang lebih luas perlu memerhatikan karakter peserta didik dan permasalahan terkait materi tersebut, (2) uji coba dalam skala kecil pada berbagai kalangan masih perlu dilakukan untuk penyempurnaan keterbacaan buku ajar yang dikembangkan, dan (3) penelitian melalui metode bioinformatika dapat digunakan sebagai penunjang penelitian *in vitro* maupun *in vivo*.

Terkait pengembangan produk lebih lanjut, pada pengembangan buku ajar ini hanya dilakukan uji coba perorangan saja, sedangkan tahap uji coba klasikal maupun tahap uji lapangan perlu dilakukan untuk mengetahui efektivitas buku ajar. Buku ajar yang dikembangkan masih menggunakan satu standar kompetensi saja, sebaiknya dikembangkan lebih lanjut dengan beberapa standar kompetensi atau kompetensi dasar. Buku ajar yang dikembangkan dengan pendekatan Bioinformatika sebaiknya dikembangkan lebih lanjut tentang penggunaan *database*, *web server*, dan *software* lainnya yang pemanfaatannya sama.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Buku ajar matakuliah Biologi Sel dengan pendekatan Bioinformatika yang telah dikembangkan memiliki kriteria sangat valid dan layak untuk diaplikasikan dalam matakuliah Biologi Sel di Universitas Negeri Malang.

Saran

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

DAFTAR RUJUKAN

- Akbar, S. 2013. *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Bayat, A. 2002. Bioinformatics: Science, Medicine, and The Future. *BMJ*, Vol. 324, 1018—1022.
- Bisceglia, N. 2014. *Cell Biology*. (Online), (<http://www.nature.com/scitable/topic/cell-biology-13906536>), diakses 5 Maret 2016.
- BNSP. 2006. *Naskah Akademik Instrumen Penilaian Buku Teks Pelajaran Pendidikan Dasar Menengah*. Jakarta: Depdiknas.
- Branch, R.M. 2009. *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer Science & Business Media.

- Departemen Pendidikan Nasional. 2004. Pedoman Umum Pengembangan Bahan Ajar Sekolah Menengah Atas. Jakarta: Depdiknas.
- Hasruddin, N.P & Fauziah H. 2014. The Development of Problem-Based Applied Microbiology Textbook. *International Journal of Education and Research*, 2(9): 187—194.
- Hera, R., Khairil & Hasanuddin. 2014. Pengembangan Handout Pembelajaran Embriologi Berbasis Kontekstual pada Perkuliahan Perkembangan Hewan untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa di Universitas Muhammadiyah Banda Aceh. *Jurnal EduBio Tropika*, 2(2): 187—250.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. 2011. *Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia*. (Online). (<http://www.kopertis3.or.id/html/wp-content/uploads/2011/12/sosialisasi-kkni-nasional-dikti.pdf>), diakses 5 Maret 2016.
- Luscombe, N.M., Greenbaum, D., & Gerstein, M. 2001. *What is Bioinformatics? An Introduction and Overview*. (Online). (https://www.ebi.ac.uk/luscombe/docs/imia_review.pdf), diakses 13 Januari 2016.
- Mohammad, R.F. & R. Kumari. 2007. Effective Use of Textbooks: A Neglected Aspect of Education in Pakistan. *Journal of Education for International Development*, 3(1): 1—12.
- Permendiknas. 2008. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Indonesia Nomor 2 tahun 2008 tentang Buku. Jakarta: Kemendikbud.
- Ramdani & Dini I. 2011. Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis *Mindjet Manager* sebagai Alternatif Materi Pembelajaran Kimia Organik. *Journal Chemical*, 12(1): 44—53.
- Witarto, A.B & Sajidan. 2010. *Bioinformatika: Trend dan Prospek Dalam Pengembangan Keilmuan Biologi*. (Online). (<http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/prosbio/article/download/1201/803>), diakses 22 Desember 2015.