

## Pengembangan Modul Berbasis Riset Pada Matakuliah Bioteknologi

Umi Fitriyati, Nandang Mufti, Umie Lestari

Pendidikan Biologi—Universitas Negeri Malang  
Jl. Semarang 5 Malang. E-mail: vthree.umi@gmail.com

**Abstract:** The purpose of this study is to develop research-based module of techniques and result of antiproliferative particle ZnO examination and In vitro UV radiation towards MCF-7 breast cancer cell for Biotechnology course. This study used a 4D development model suggested by Thiagarajan and was conducted until development stage only. The result of this study showed that the validity percentage of module are 90,91% from content expertise, 95,83 from media and design expertise, and 88,89% from small grouping test. It can be stated that the module is valid and applicable.

**Key Words:** module development, antiproliferative examination, ZnO particle, UV radiation, MCF-7 breast cancer cell, in vitro, biotechnology

**Abstrak:** Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan modul produk bahan ajar berupa modul berbasis riset yang memuat teknik dan hasil riset uji antiproliferatif partikel ZnO dan penyinaran UV terhadap sel kanker MCF-7 secara *in vitro* untuk matakuliah Bioteknologi. Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pengembangan Thiagarajan (4D) yang terdiri dari tahap *define, design, develop, dan disseminate*, namun tahap penelitian yang dilakukan hanya sampai tahap *develop*. Hasil validasi dari ahli materi menyatakan tingkat validitas dengan persentase 90,91%, ahli media dan desain pembelajaran 95,83%, dan uji kelompok kecil 88,89%. Dapat disimpulkan bahwa modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset uji antiproliferatif partikel ZnO dan penyinaran UV terhadap sel kanker payudara MCF-7 telah dihasilkan dan telah layak digunakan karena sudah tervalidasi.

**Kata kunci:** pengembangan modul, riset, uji antiproliferatif, partikel ZnO, penyinaran UV, sel kanker payudara MCF-7, *in vitro*, bioteknologi

Berdasarkan RPS matakuliah Bioteknologi di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang, salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai mahasiswa, yaitu menjelaskan aplikasi kemanfaatan Bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Berbagai prinsip-prinsip dasar teknologi dalam Bioteknologi yang menjadi pokok bahasan dalam kurikulum jurusan Biologi antara lain teknik isolasi dan identifikasi DNA, rekayasa genetika, kloning, fusi protoplas, hibridoma, dan kultur jaringan hewan. Salah satu konsep penting dalam Bioteknologi, yaitu teknik kultur jaringan hewan secara *in vitro* karena prinsip dan teknik ini akan mendasari pemahaman mahasiswa tentang berbagai konsep lanjut yang berhubungan dengan aplikasi kultur jaringan dalam bidang bioteknologi untuk tujuan tertentu, misalnya aplikasi di bidang bio-

teknologi kedokteran, yaitu uji toksisitas, penelitian kanker, *genetic engineering*, dan terapi gen.

Hasil wawancara kepada dosen pengampu matakuliah Bioteknologi menunjukkan bahwa bahan ajar yang digunakan pada matakuliah Bioteknologi berupa buku teks dan artikel yang berasal dari jurnal nasional maupun internasional saja, belum tersedia bahan ajar yang diperkaya dengan hasil penelitian dosen. Hasil analisis kebutuhan bahan ajar pada mahasiswa yang telah menempuh matakuliah Bioteknologi menunjukkan bahwa bahan ajar yang dianjurkan untuk dipelajari mahasiswa belum secara utuh memberikan pengalaman bagi mahasiswa untuk melakukan praktikum atau penelitian di bidang Bioteknologi. Mahasiswa membutuhkan bahan ajar yang memberikan contoh penelitian sehingga memberi wawasan yang dapat diaplikasikan

ke dalam kehidupan sehari-hari. Sumber belajar yang berbasis penelitian dosen sangat dibutuhkan oleh mahasiswa. Handayani (2014) menyatakan bahwa bahan ajar yang berbasis penelitian dosen dapat digunakan sebagai contoh nyata dalam perkuliahan, yang diharapkan dapat berfungsi membantu peserta didik dalam memahami ide, konsep, dan teori penelitian.

Hasil angket mahasiswa yang telah menempuh matakuliah Bioteknologi menunjukkan 85% dari 26 mahasiswa mengharapkan adanya bahan ajar yang memuat tentang penelitian Bioteknologi, khususnya teknik kultur jaringan hewan yang merupakan teknik dasar penelitian-penelitian di bidang Bioteknologi.

Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan ajar untuk melengkapi dan menyempurnakan bahan ajar yang telah ada, salah satunya adalah modul berbasis riset yang merupakan bahan ajar mandiri bagi peserta didik. Modul berbasis penelitian memuat perpaduan teori dan kegiatan penelitian, sehingga mahasiswa dapat memahami secara konkrit penerapan konsep yang dipelajari. Penggunaan modul berbasis penelitian juga membantu pencapaian kompetensi matakuliah Bioteknologi, terutama pada aplikasi di kehidupan sehari-hari.

Modul memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi serta fleksibel/luwes digunakan (Handayani, 2014). Penerapan modul pembelajaran dapat mengondisikan kegiatan pembelajaran lebih terencana dengan baik, serta peserta didik dapat melakukan aktivitas belajar kapan dan dimana saja, dengan atau tanpa bimbingan dosen. Melalui modul berbasis riset, mahasiswa dapat belajar lebih banyak melalui pengalaman langsung, mendapatkan bekal keterampilan, serta menilai sendiri hasil pekerjaan yang telah dilakukan. Hal ini penting untuk melatih inisiatif, kemandirian, dan kepercayaan diri mahasiswa dalam belajar. Widayati (2010) menyatakan bahwa pada aktivitas pembelajaran berbasis riset berlaku pembelajaran dengan pendekatan “*learning by doing*”. Hasil penelitian Yahya (2010) menunjukkan bahwa peningkatan dalam pengembangan maupun penerapan kurikulum berbasis riset telah menimbulkan penguatan dalam kualitas pembelajaran, dan memicu perubahan dalam meningkatnya ruang keterlibatan peserta didik. Hal ini menjadi indikator bahwa budaya *inquiry* dalam pembelajaran dapat dipadupadankan dengan domain riset.

## METODE

Pengembangan bahan ajar ini mengadaptasi model pengembangan 4D oleh Thiagarajan, dkk. (1974). Model ini terdiri atas empat tahap pengembangan, meli-

puti *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebarluasan). Akan tetapi dalam penelitian dan pengembangan ini hanya dilakukan sampai pada tahap *develop*, yaitu pada tahap uji coba kelompok kecil. Gambar 1 menyajikan tahapan proses pengembangan yang akan dilakukan dengan mengadopsi model 4D.

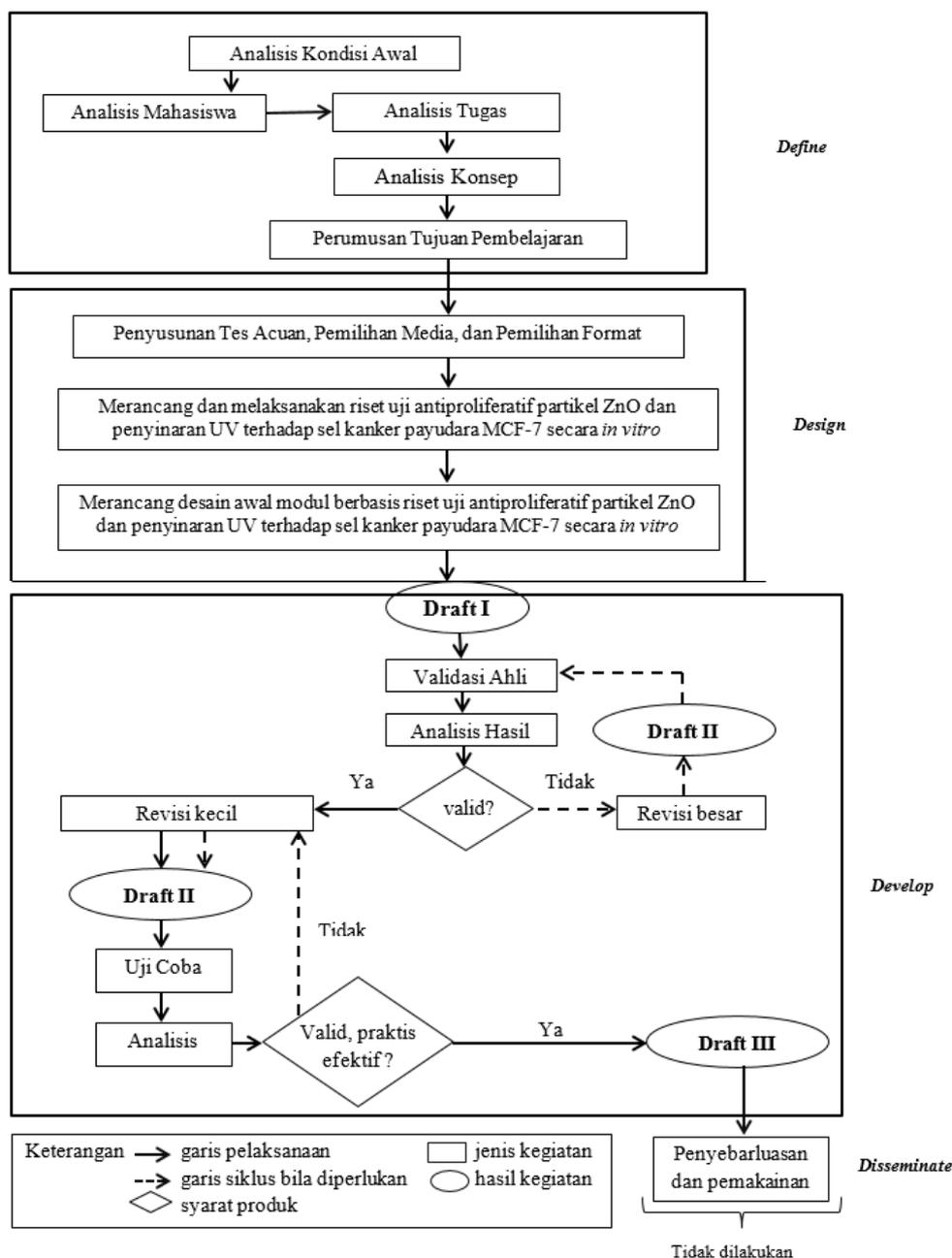
Tahap pendefinisian bertujuan menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Tahap perancangan bertujuan merancang *prototype* bahan ajar berdasarkan hasil penelitian, yang dapat dilihat pada Tabel 1. Tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan draft II dan III modul yang telah direvisi oleh ahli materi, ahli media, serta diujicobakan secara perorangan maupun kelompok kecil. Data yang diperoleh berupa data deskriptif kualitatif dan deskriptif kuantitatif yang digunakan untuk menyempurnakan hasil pengembangan produk. Data kualitatif diperoleh dari masukan, tanggapan, komentar, saran perbaikan dari ahli isi materi dan ahli media. Data deskriptif kuantitatif berupa data hasil validasi yang diperoleh dari hasil validasi kedua ahli dan angket yang disebarakan kepada subjek uji coba perorangan dan kelompok kecil dalam bentuk deskriptif persentase.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan berupa ringkasan penelitian hasil uji coba dan saran dari ahli materi, ahli media dan desain pembelajaran, serta mahasiswa untuk uji coba perorangan dan kelompok kecil. Teknik analisis data yang dilakukan adalah analisis deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan persentase hasil uji validasi dan uji coba produk pengembangan. Persentase hasil validasi dan uji coba modul teknik kultur jaringan hewan didapatkan dari penjumlahan skor yang diperoleh dari setiap aspek yang dinilai dibagi dengan total skor maksimal. Skor yang digunakan adalah angka 1 sampai 4, dimana 1 untuk pilihan sangat kurang, 2 untuk pilihan kurang, 3 untuk pilihan cukup baik, dan 4 untuk pilihan baik.

### Uji Ahli Materi

Uji coba produk yang dilakukan oleh ahli materi bertujuan untuk memvalidasi isi (materi) produk yang dikembangkan. Ahli materi untuk modul teknik kultur jaringan hewan berasal dari jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang. Data hasil validasi ahli materi terhadap modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset adalah berupa penilaian dan saran untuk



**Gambar 1. Prosedur Pengembangan Modul Berbasis Riset Mengadaptasi Model *Four-D***

perbaikan dan kelayakan produk. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Masukan dan saran ahli materi terhadap modul teknik kultur jaringan hewan meliputi hal-hal berikut. (a) Pada bagian *cover*, lebih baik “Modul Bioteknologi berbasis Riset” diganti dengan “Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan secara *in Vitro*.” (b) Pada bagian pendahuluan, deskripsi modul terlalu luas, perlu difokuskan sesuai dengan isi modul, jelaskan bahwa kultur jaringan adalah teknik penting di dalam bioteknologi. (c) *Lay out* gambar dan ilustrasi dibuat lebih menarik

dengan gambar yang lebih tajam dengan ditunjukkan fokus kegiatan yang diinginkan.

Berdasarkan total skor tersebut, maka persentase tingkat validitas modul Teknik Kultur Jaringan Hewan secara *in vitro* sebesar 90,91% dan tergolong dalam kategori sangat valid atau dapat digunakan dengan sedikit revisi. Persentase validitas materi modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset ini belum mencapai 100% tidak disebabkan oleh ketidakbenaran konsep atau isi materi, tetapi pada poin kemampuan praktikum dalam melatih *skill* mahasiswa di laborator-

**Tabel 1. Penjabaran Desain Awal Struktur Modul**

Komponen Modul		
1. Sampul Depan		
2. Bagian Awal	a. Kata Pengantar b. Daftar Isi c. Daftar Gambar d. Daftar Tabel e. Pendahuluan f. Petunjuk Belajar	
3. Bagian Inti	a. Kegiatan Belajar 1: Teknik Kultur Jaringan Hewan secara <i>in Vitro</i> b. Kegiatan Belajar 2: Sel Kanker Payudara MCF-7 c. Kegiatan Belajar 3: Pengenalan Alat-alat Laboratorium Kultur <i>in Vitro</i> d. Kegiatan Belajar 4: Pengenalan Larutan untuk Kultur <i>in Vitro</i> e. Kegiatan Belajar 5: Persiapan Kerja untuk Kultur <i>in Vitro</i> f. Kegiatan Belajar 6: Standar Kerja Pembuatan Medium Kultur g. Kegiatan Belajar 7: <i>Thawing</i> sel h. Kegiatan Belajar 8: Pemeliharaan ( <i>Maintance</i> ) Kultur Sel i. Kegiatan Belajar 9: Sub Kultur Sel j. Kegiatan Belajar 10: Panen Sel (Persiapan Penghitungan Sel) k. Kegiatan Belajar 11: Pengitungan Sel Hasil Kultur l. Kegiatan Belajar 12: Preparasi Sampel m. Kegiatan Belajar 13: Uji Proliferasi Sel MCF-7 Menggunakan Uji MTT n. Kegiatan Belajar 14: Hasil Riset Uji Antiproliferatif Partikel ZnO dan penyinaran UV terhadap Sel Kanker Payudara MCF-7	Masing-masing Kegiatan Belajar 1-13 berisi: 1) Tujuan Pembelajaran 2) Peta Konsep 3) Ringkasan Materi 4) Lembar Kegiatan Mahasiswa 5) Soal Latihan Mandiri 6) <i>Self Assessment</i> 7) Daftar Rujukan  Kegiatan Belajar 14 berisi: 1) Pendahuluan 2) Hasil Riset 3) Kesimpulan 4) Daftar Rujukan
4. Daftar Pustaka		
5. Glosarium		
6. Sampul Belakang		

(Sumber: dimodifikasi dari Nurdin, 2014)

um, kemampuan tampilan gambar dalam mempermudah memperoleh pengetahuan, kemampuan soal evaluasi dalam mengukur kemampuan mahasiswa terhadap kegiatan belajar, serta kemenarikan bahan ajar. Aspek tersebut mendapatkan skor 3 atau cukup baik.

### Uji Ahli Media dan Desain Pembelajaran

Uji coba produk juga dilakukan oleh ahli media dan desain pembelajaran dari Jurusan Teknologi Pendidikan FIP Universitas Negeri Malang. Ahli media dan desain pembelajaran memvalidasi produk pengembangan dengan tujuan agar didapatkan penilaian dan tanggapan untuk perbaikan dan kelayakan produk. Data hasil penilaian dan saran dari ahli media dan desain pembelajaran terhadap modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Masukan dan saran ahli Media dan Desain Pembelajaran terhadap modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset meliputi hal-hal berikut. (a) Logo pada halaman sampul (*cover*) terlalu ke tepi bawah. (b) Foto pada halaman sampul perlu dipotong, agar ukuran foto proporsional. (c) Tata letak paragraf lebih baik menggunakan rata kanan-kiri dan memakai kontrol pemenggalan otomatis (*hyphenation*). (d) Buku perlu dijilid bolak-balik.

Berdasarkan total skor tersebut, maka persentase tingkat validitas modul teknik kultur jaringan hewan sebesar 95,83% dan tergolong dalam kategori sangat valid, atau dapat digunakan dengan sedikit revisi. Kemenarikan desain modul dan sistematika pengorganisasian modul sudah dikategorikan baik, akan tetapi masih perlu diperbaiki lagi pada poin kemenarikan desain modul dan ketepatan *lay out*, struktur, dan akses.

**Tabel 2. Hasil Penilaian Ahli Materi terhadap Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

No.	Aspek yang Dinilai	Skor	Skor Maksimal
1.	Judul (poin 1 dan 2)	8	4 x 2 = 8
2.	Tujuan Pembelajaran (poin 3 dan 4)	8	4 x 2 = 8
3.	Isi atau materi (poin 5 dan 6)	8	4 x 2 = 8
4.	Praktikum (poin 7)	3	4 x 1 = 4
5.	Soal Evaluasi (poin 9)	3	4 x 1 = 4
6.	Rujukan (poin 10)	4	4 x 1 = 4
7.	Penyajian (poin 8 dan 11)	6	4 x 2 = 8
<b>Total Skor</b>		40	44
<b>Persentase</b>		<b>90,91%</b>	

**Tabel 3. Hasil Penilaian Ahli Media dan Desain Pembelajaran terhadap Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

No.	Aspek yang Dinilai	Skor	Skor Maksimal
1.	Sismatika buku (poin 3, 4, 5, dan 8)	16	4x4 = 16
2.	Bahasa dan keterbacaan (poin 6 dan 12)	8	4x2 = 8
3.	Tampilan buku (poin 1 dan 2)	7	4x2 = 8
4.	Kegrafisan (poin 7, 9, 10, 11)	15	4x4 = 16
<b>Total Skor</b>		46	48
<b>Persentase</b>		<b>95,83%</b>	

### Uji Coba Perorangan

Uji coba perorangan dilakukan kepada 3 orang mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang. Data uji coba perorangan meliputi kesalahan ketik, kesalahan penggunaan tanda baca, dan hal-hal lain yang perlu diperbaiki. Beberapa masukan hasil uji coba perorangan untuk modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset seperti pada Tabel 4, 5, 6, dan 7.

Hasil uji coba perorangan terhadap modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset seperti ditunjukkan pada Tabel 4, 5, 6, 7 menunjukkan bahwa masih perlu perbaikan yang tidak terlalu banyak dalam hal pengetikan kata yang salah, penggunaan tanda baca, penggunaan huruf kecil, serta hal-hal lain yang perlu diperbaiki sajiannya. Revisi dilakukan berdasarkan masukan dan saran dari mahasiswa pada uji coba perorangan ini.

### Uji Coba Kelompok Kecil

Uji coba kelompok kecil pada modul dilakukan setelah perbaikan berdasarkan penilaian, tanggapan, komentar, serta saran dari ahli materi, ahli media dan desain pembelajaran, serta hasil uji coba perorangan. Uji coba kelompok kecil ini dilakukan pada sembilan orang mahasiswa jurusan Biologi yang telah menempuh matakuliah Bioteknologi. Data hasil uji coba kelompok kecil pada modul teknik kultur jaringan hewan dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan total skor tersebut, maka persentase tingkat kelayakan modul teknik kultur jaringan hewan sebesar 88,98% dan tergolong dalam kategori sangat valid atau dapat digunakan dengan sedikit revisi. Komentar dan saran yang diberikan oleh mahasiswa sebagai subjek uji coba kelompok kecil terhadap modul teknik kultur jaringan hewan disajikan pada Tabel 9. Revisi dilakukan berdasarkan komentar dan saran dari kesembilan mahasiswa peserta uji coba kelompok kecil.

Revisi pengembangan produk dilakukan berdasarkan hasil validasi dari ahli materi, ahli media, dan desain pembelajaran, serta uji coba perorangan maupun uji coba kelompok kecil. Acuan revisi produk modul teknik kultur jaringan hewan dilakukan berdasarkan komentar dan saran yang telah diberikan oleh validator dan subjek uji coba produk pada instrumen validasi produk.

### Revisi Produk dari Hasil Validasi Ahli Materi

Hal-hal yang telah diperbaiki disajikan sebagai berikut. (a) Pada bagian cover, judul telah diganti (Gambar 2). (b) Pada bagian pendahuluan, deskripsi modul yang terlalu luas telah difokuskan sesuai dengan isi modul (Gambar 3). (c) *Lay out* gambar dan ilustrasi dibuat lebih menarik dengan gambar yang lebih tajam dengan ditunjukkan fokus kegiatan yang diinginkan

**Tabel 4. Kesalahan Ketik dalam Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

No.	Halaman	Baris	Kata yang Salah Ketik dan Perbaikannya
1.	Cover belakang	7	BDDPN = BPPDN
2.	vii	12	cryopreservation = cryopreservation
3.	viii	29, 35, 39, 41	sput = spuit
4.	xiv	12	demikkian = demikian
5.	9	12	didisipi = disisipi

**Tabel 5. Kesalahan Penggunaan Tanda Baca dalam Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

No.	Halaman	Baris	Kata yang Salah Tanda Baca
1.	viii	10, 12, 18	pen-strep = antibiotik penstrep
2.	7	16	Linke et. al. = Linke, et. al.
3.	18	17	...utama yaitu.... = .....utama, yaitu.....
4.	33	12	alat, bahan dan sampah = alat, bahan, dan sampah

**Tabel 6. Kata yang Seharusnya Menggunakan Huruf Kecil dalam Modul**

No.	Halaman	Baris	Penulisan Huruf yang Salah
1.	8	2	Bioteknologi → bioteknologi
2.	xv	24	Tujuan Pembelajaran → tujuan pembelajaran

**Tabel 7. Hal-hal Lain yang Perlu Diperbaiki dalam Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

No.	Halaman	Baris	Yang perlu diperbaiki
1.	7	Gambar 1.2	Sebaiknya diberikan pengantar maksud gambar.
2.	10		Penulisan “Soal Latihan Mandiri 1” terlalu turun.
3.	23	Gambar 2.3	Sebaiknya ditunjukkan mana selnya dengan menggunakan panah.
4.	30		“Ringkasan materi” masukkan ke halaman selanjutnya.
5.	35		“Prosedur pemakaian inkubator” masukkan ke halaman selanjutnya.
6.	59	Tabel 4.1-4.4	Jika dokumen pribadi tuliskan pada bawah tabel sebelah kanan.
7.	170	24	Alderden, et.al. sebaiknya diberi tahun.
8.	173		Gambar sel yang diblok keterangan gambar → tidak boleh tertutup/diblok, tunjuk dengan panah mana selnya.
9.	175	Gambar 14.2	Sel ditunjukkan dengan tanda panah.
10.	141	Latihan Mandiri	Konsistensi penggunaan kata “Saudara” atau “Anda” pada soal evaluasi mandiri.

**Tabel 8. Hasil Penilaian Mahasiswa terhadap Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

No.	Aspek yang Dinilai	Skor	Skor Maksimal
1.	Kemenarikan tampilan modul (poin 1 dan 2)	59	4 x 2 x 9 = 72
2.	Sistematika modul (poin 3, 4, dan 6)	95	4 x 3 x 9 = 108
3.	Bahasa dan keterbacaan (poin 8 dan 9)	69	4 x 2 x 9 = 72
4.	Kebermanfaatan modul (poin 5, 7, 10, dan 11)	129	4 x 4 x 9 = 144
<b>Total Skor</b>		352	396
<b>Persentase</b>		<b>88,89 %</b>	

(Gambar 2). (d) Ilustrasi telah dibuat lebih menarik sehingga dapat membantu pemahaman dan penerapannya dalam kegiatan laboratorium (Gambar 4).

#### Revisi Produk dari Hasil Validasi Ahli Media dan Desain Pembelajaran

Hal-hal yang telah diperbaiki disajikan sebagai berikut. (a) Logo halaman sampul telah direvisi agar tidak terlalu ke bawah (Gambar 2). (b) Gambar/foto

pada halaman sampul (*cover*) telah dipotong (Gambar 2). (c) Tata letak paragraf telah menggunakan rata kanan-kiri dan memakai kontrol pemenggalan otomatis (*hyphenation*) (Gambar 5).

#### Revisi Produk dari Hasil Uji Coba Perorangan

Hasil uji coba perorangan menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa kesalahan ketik, kesalahan

**Tabel 9. Komentar dan Saran Mahasiswa Subjek Uji Coba Kelompok Kecil terhadap Modul**

Responden	Komentar dan Saran
1	a. Sebaiknya warna tampilan sampul ( <i>cover</i> ) lebih divariaasi. b. Glosarium sangat membantu untuk memudahkan memahai istilah-istilah dalam modul. c. Penggunaan referensi sudah sesuai dan mutakhir. d. Soal evaluasi yang diberikan sudah sesuai dengan materi.
2	e. Modul sangat membantu untuk dijadikan sebagai sumber belajar mandiri. a. Penjelasan gambar pada praktikum (lembar kegiatan) masih kurang. b. Pada lembar kegiatan belum ada kata-kata perintah untuk melihat gambar. c. Masih terdapat kesalahan penulisan ( <i>typo</i> )
3	a. Materi yang diuraikan dalam modul sudah bagus karena disertai gambar dan peta konsep. b. Penjelasan di dalam modul untuk gambar masih kurang. c. Ilustrasi gambar atau foto dalam modul sudah cukup bagus, tetapi ada gambar yang kurang jelas.
4	a. Glosarium sangat membantu pemahaman istilah-istilah dalam modul. b. Dengan hasil penelitian pada bab terakhir dapat menambah wawasan saya yang sebelumnya belum saya ketahui.
5	a. Kontras warna tulisan dan background pada cover sebaiknya ditambah b. Masih terdapat kesalahan ketik.
6	a. Petunjuk belajar sudah lumayan bagus. b. Kurang disertai penjelasan tentang gambar.
7	a. Warna cover kurang cerah, sebaiknya gambarnya lebih ditransparankan. b. Penuli san “E.SoaL Latihan Mandiri 1” seharusnya di halaman berikutnya.
8	a. Tidak ada perintah untuk melihat gambar “di bawah ini” atau “disamping berikut” b. Glosarium sangat bagus, sangat membantu. c. Sumber referensi yang digunakan sudah sangat mutakhir.
9	a. Ilustrasi gambar atau foto dalam modul sudah sesuai, namun perlu dikaitkan dengan penelasan di deskripsinya. b. Penggunaan referensi sudah mutakhir.

tanda baca, dan hal-hal lain yang perlu diperbaiki. Kesalahan-kesalahan yang terdapat pada modul telah direvisi seperti dalam Gambar 6, 7, dan 8.

### Revisi Produk dari Hasil Uji Coba Kelompok Kecil

Beberapa saran yang perlu diperbaiki berdasarkan uji coba kelompok kecil seperti pada Tabel 10.

Modul teknik kultur jaringan hewan yang dihasilkan, telah direvisi oleh ahli materi, ahli media dan desain pembelajaran, serta telah diujicobakan pada mahasiswa secara perorangan maupun kelompok kecil. Modul teknik kultur jaringan hewan yang telah tervalidasi

terdiri atas halaman sampul, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, pendahuluan, petunjuk penggunaan modul, kegiatan belajar yang terdiri 14 bab, daftar pustaka, dan glosarium. Setiap bab berisi judul, tujuan pembelajaran, peta konsep, ringkasan materi, lembar kegiatan, soal evaluasi mandiri, *self assessment*, dan daftar rujukan.

Tujuan pembelajaran dalam modul teknik kultur jaringan hewan telah diturunkan dari kompetensi dasar dan indikator yang telah dirumuskan untuk matakuliah Bioteknologi di Universitas Negeri Malang. RPS matakuliah Bioteknologi menjelaskan bahwa kompetensi dasar yang ingin dicapai, yaitu mahasiswa dapat menjelaskan prinsip-prinsip Bioteknologi, manfaat Biotek-

**Tabel 10. Hasil Revisi Uji Coba Kelompok Kecil pada Modul Teknik Kultur Jaringan Hewan**

Responden	Saran Perbaikan	Keterangan
1	Sebaiknya warna tampilan sampul ( <i>cover</i> ) lebih divariaasi.	Telah direvisi
2	a. Penjelasan gambar pada praktikum (lembar kegiatan) masih kurang. b. Masih terdapat kesalahan penulisan ( <i>typo</i> ).	Telah direvisi
8	Pada lembar kegiatan belum ada kata-kata perintah untuk melihat gambar.	Telah direvisi
9	Ilustrasi gambar atau foto dalam modul sudah sesuai, namun perlu dikaitkan dengan penjelasan di deskripsinya.	Telah direvisi



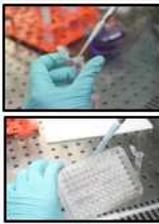
**Gambar 2. Sampul Buku**  
a. sebelum revisi, b. setelah revisi

<p><b>A. DESKRIPSI</b></p> <p>Modul ini merupakan modul bioteknologi berbasis riset yang membahas tentang teknik kultur jaringan hewan secara <i>in vitro</i>. Kompetensi dasar yang ingin dicapai dari modul ini yaitu mahasiswa dapat menjelaskan prinsip-prinsip Bioteknologi kedokteran, manfaat Bioteknologi kedokteran dalam kesejahteraan manusia, dan aplikasi kemanfaatan Bioteknologi kedokteran dalam kehidupan sehari-hari. Modul ini diperuntukkan utamanya bagi mahasiswa biologi yang sudah dalam tahapan lanjut mempelajari Biologi Molekuler. Tujuannya agar dapat membantu mahasiswa dalam memahami konteks teknik kultur jaringan hewan secara <i>in vitro</i> yang merupakan inti dari Bioteknologi kedokteran.</p>	<p><b>A. DESKRIPSI</b></p> <p>Modul ini disusun berdasarkan kebutuhan bahan ajar matakuliah Bioteknologi di Universitas Negeri Malang. Modul menyajikan panduan teknis prosedur kultur jaringan hewan secara <i>in vitro</i> dan uji proliferasi sel menggunakan <i>MTT assay</i> dari beberapa kegiatan laboratorium. Panduan-panduan teknis tersebut didasarkan pada penelitian pengaruh ZnO dan lama penyinaran UV terhadap sel kanker payudara MCF-7. Kegiatan-kegiatan laboratorium akan menuntun mahasiswa untuk memahami prinsip dasar dan teknik kultur jaringan hewan yang akan mendasari pemahaman mahasiswa tentang berbagai konsep lanjut yang berhubungan dengan aplikasi kultur jaringan dalam bidang bioteknologi, misalnya bioteknologi kedokteran, farmasi, peternakan, maupun pertanian.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

a

b

**Gambar 3. Deskripsi Modul yang Terlalu Luas Telah Difokuskan Sesuai dengan Isi Modul**  
a. sebelum revisi, b. setelah revisi

<p>12. Tambahkan larutan partikel ZnO dengan konsentrasi 0 µg/mL, 25 µg/mL, 50 µg/mL, 75 µg/mL, dan 100 µg/mL (lakukan secara triplo) sebanyak 100 µL setiap sumuran.</p>	 <p>Gambar 13.6 Menambahkan larutan partikel ZnO pada <i>plate</i> (Sumber: dokumentasi pribadi)</p>	<p>12. Tambahkan larutan partikel ZnO dengan konsentrasi 0 µg/ml, 25 µg/ml, 50 µg/ml, 75 µg/ml, dan 100 µg/ml (lakukan secara triplo) sebanyak 100 µL setiap sumuran (lihat Gambar 13.7).</p>	 <p>Gambar 13.7 Menambahkan larutan partikel ZnO pada <i>plate</i> (Dokumentasi pribadi, 2015)</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

a

b

**Gambar 4. Lay Out dan Ilustrasi Telah Dibuat Lebih Menarik**  
a. sebelum revisi, b. setelah revisi

## C. Ringkasan Materi

Sel memerlukan media yang sesuai agar dapat tumbuh dan berkembang. Kebanyakan media pertumbuhan yang digunakan merupakan media kimiawi, tetapi ditambahkan dengan serum 5-20% yang mengandung faktor pertumbuhan (stimulan) yang penting untuk pembelahan sel. Media mengandung larutan garam isotonis, asam amino, vitamin, dan glukosa, contohnya *Eagle's Minimal Essential Medium* (MEM). Selain mengandung serum, media juga diperkaya dengan antibiotik (biasanya penicillin dan streptomisin) untuk membantu mencegah kontaminasi bakteri. Umumnya pertumbuhan sel yang baik terjadi pada pH 7,0-7,4. Media juga ditambah *fenol red* sebagai indikator pH yang akan berwarna merah pada pH 7,4 orange pH 7,0 dan kuning pH 6,5 kebiru-biruan pH 7,6 dan ungu pH 7,8.

a

## C. Ringkasan Materi

Sel memerlukan media yang sesuai agar dapat tumbuh dan berkembang. Kebanyakan media pertumbuhan yang digunakan merupakan media kimiawi, tetapi ditambahkan dengan serum 5-20% yang mengandung faktor pertumbuhan (stimulan) yang penting untuk pembelahan sel. Media mengandung larutan garam isotonis, asam amino, vitamin, dan glukosa, contohnya *Eagle's Minimal Essential Medium* (MEM). Selain mengandung serum, media juga diperkaya dengan antibiotik (biasanya penicillin dan streptomisin) untuk membantu mencegah kontaminasi bakteri. Umumnya pertumbuhan sel yang baik terjadi pada pH 7,0-7,4. Media juga ditambah *fenol red* sebagai

b

**Gambar 5. Tata Letak Paragraf Telah Menggunakan Rata Kanan-Kiri**  
a. sebelum revisi, b. setelah revisi

nologi dalam kesejahteraan manusia, dan aplikasi pemanfaatan Bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan kompetensi dasar tersebut, salah satu konsep penting dalam Bioteknologi, yaitu teknik kultur jaringan hewan secara *in vitro*. Prinsip dan teknik kultur jaringan hewan akan mendasari pemahaman mahasiswa tentang berbagai konsep lanjut yang berhubungan dengan aplikasi kultur jaringan dalam bidang Bioteknologi untuk beberapa tujuan tertentu, misalnya aplikasi di bidang Bioteknologi kedokteran, yaitu uji toksisitas, penelitian tentang kanker, *genetic engineering*, dan terapi gen. Dengan demikian, kompetensi tersebut diharapkan dapat tercapai dengan dimanfaatkannya modul kultur jaringan hewan berbasis riset uji antiproliferatif ZnO dan lama penyinaran UV terhadap sel kanker payudara MCF-7.

Modul teknik kultur jaringan hewan yang telah tervalidasi ini masih mempunyai keterbatasan di samping kelebihan yang ada. Kelebihan modul teknik kultur jaringan hewan ini di antaranya (1) materi yang disajikan di dalam modul tidak hanya berasal dari kajian literatur dari buku, artikel, jurnal nasional dan internasional, namun juga berasal dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, (2) modul teknik kultur jaringan hewan memuat kegiatan belajar yang berisi metode dan hasil penelitian secara lengkap sebagai contoh nyata dalam pembelajaran matakuliah Bioteknologi, yang diharapkan dapat berfungsi membantu mahasiswa dalam memahami ide, konsep, dan teori penelitian sebagai petunjuk dalam memahami dan melakukan penelitian sejenis atau penelitian lanjutan, (3) modul teknik kultur jaringan hewan mengandung informasi kontekstual hasil kegiatan penelitian yang nyata, (4) modul teknik kultur jaringan hewan menyajikan prosedur kultur jaringan hewan secara *in vitro* dan uji proliferasi (*doubling time*) sel menggunakan uji MTT yang belum

pernah dilakukan di perkuliahan Bioteknologi di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang, dan (5) kegiatan belajar disusun secara sistematis agar mempermudah penggunaannya untuk mempelajari modul secara mandiri.

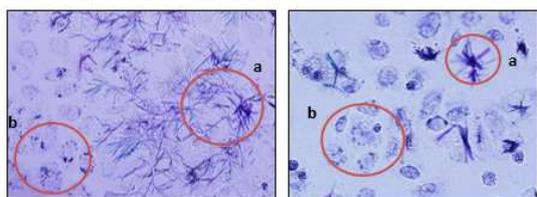
Beberapa kelebihan tersebut sesuai dengan pernyataan Handayani (2014) yang mengungkapkan bahwa dengan adanya penyusunan materi ajar berdasarkan hasil pengujian, maka akan diperoleh informasi dan data yang akurat, terbaru dan berkelanjutan. Draft materi yang didasarkan pada hasil penelitian dan pengujian akan memberikan penguatan pada kompetensi diri mahasiswa. Penyusunan materi ajar dalam modul yang didasarkan pada pelaksanaan pengujian di laboratorium juga akan memberikan suasana akademis yang sangat kondusif, karena budaya meneliti dan menulis akan menjadi hal yang sudah semestinya dilakukan oleh dosen dan mahasiswa.

Keterbatasan modul teknik kultur jaringan hewan yang telah dikembangkan antara lain (1) hanya menyajikan teknik kultur jaringan hewan dan uji antiproliferatif partikel ZnO terhadap sel kanker MCF-7, belum menggunakan nanopartikel ZnO (2) alat evaluasi hanya berupa latihan soal di setiap akhir kegiatan pembelajaran, tanpa adanya tes formatif, (3) langkah pengembangan bahan ajar ini tidak sampai memerhatikan pengaruh bahan ajar hasil pengembangan terhadap prestasi belajar mahasiswa, (4) uji coba lapangan belum dilakukan sehingga belum diketahui efektivitas penggunaan modul terhadap mahasiswa, dan (5) pengembangan modul teknik kultur jaringan hewan ini belum sampai pada tahap penyebarluasan atau diseminasi.

Modul teknik kultur jaringan hewan yang telah dikembangkan ini tergolong dalam bahan ajar berbasis riset karena didalamnya memuat metode dan hasil riset uji antiproliferatif partikel ZnO dan penyinaran UV

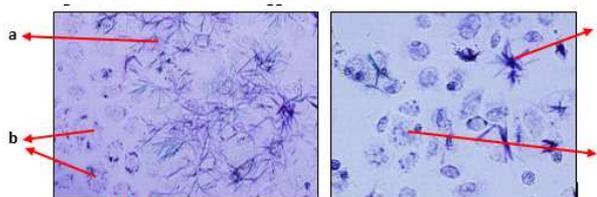


**Gambar 6. Bagian Belakang Sampul Telah Ditambahkan Deskripsi Singkat Isi Modul, a. sebelum revisi, b. setelah revisi**



**Gambar 14.5** Terbentuknya kristal formazan ungu oleh sel kanker MCF-7. a) Terbentuknya formazan ungu mengindikasikan sel hidup; b) Sel MCF-7 yang mati (tidak terbentuk formazan ungu).

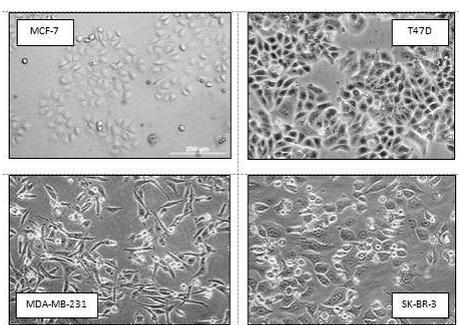
**a**



**Gambar 14.5** Terbentuknya kristal formazan ungu oleh sel kanker MCF-7. a) Terbentuknya formazan ungu mengindikasikan sel hidup; b) Sel MCF-7 yang mati (tidak membentuk formazan ungu).

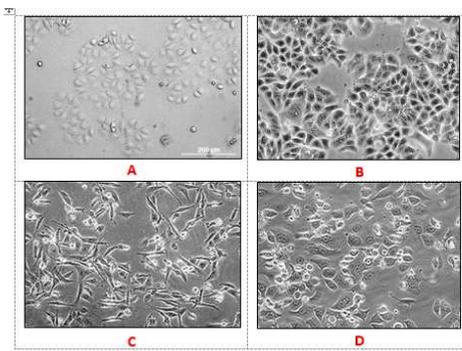
**b**

**Gambar 7. Penunjuk pada Gambar Telah Diganti dengan Tanda Panah, a. sebelum revisi, b. setelah revisi**



**Gambar 14.1** Perbandingan morfologi hasil kultur sel kanker payudara. MCF-7 (Dokumentasi pribadi, 2015); T47D, MDA-MB-231, SK-BR-3 (ATCC, 2014).

**a**



**Gambar 14.1** Perbandingan morfologi hasil kultur sel kanker payudara. A) MCF-7 (Dokumentasi pribadi, 2015); B) T47D, C) MDA-MB-231, D) SK-BR-3 (ATCC, 2014).

**b**

**Gambar 8. Keterangan Gambar Telah Diperbaiki sehingga Tidak Menutupi Gambar, a. sebelum revisi, b. setelah revisi**

terhadap sel kanker payudara MCF-7 yang telah dilakukan oleh peneliti. Widayati (2014) menyatakan bahwa hasil penelitian yang dilakukan oleh dosen digunakan untuk memperkaya bahan ajar. Dosen dapat memaparkan hasil penelitiannya sebagai contoh nyata dalam perkuliahan, yang diharapkan dapat berfungsi membantu peserta didik dalam memahami ide, konsep, dan teori penelitian. Dalam kegiatan ini nilai, etika, dan praktik penelitian yang sesuai dengan bidang ilmu yang diajarkan dapat disampaikan untuk memberikan inspirasi kepada peserta didik. Modul teknik kultur jaringan hewan yang telah dikembangkan ini menyajikan komponen-komponen tersebut sehingga dapat dijadikan rujukan dalam proses pembelajaran matakuliah Bioteknologi.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil paparan dan analisis data, dapat diperoleh simpulan bahwa modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset uji antiproliferatif partikel ZnO dan penyinaran UV terhadap sel kanker payudara MCF-7 telah dihasilkan dan telah layak digunakan karena sudah tervalidasi.

### Saran

Beberapa saran berkaitan dengan produk pengembangan berupa modul teknik kultur jaringan hewan adalah sebagai berikut.

#### *Saran Pemanfaatan*

Modul teknik kultur jaringan hewan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dalam kegiatan perkuliahan dengan memperhatikan hal-hal berikut.

Pertama, bagi dosen yang berkeinginan untuk menggunakan modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset, hendaknya pelaksanaan praktikum atau penelitian teknik kultur jaringan hewan ini direncanakan dan dimulai pada awal semester (dalam perkuliahan). Biaya praktikum atau penelitian juga dipertimbangkan agar dapat terlaksana dengan lancar.

Kedua, bagi mahasiswa peserta matakuliah Bioteknologi, modul ini dapat dijadikan sebagai rujukan dan bahan ajar mandiri, dengan harapan dapat dilakukan penelitian sejenis maupun penelitian lanjutan demi mewujudkan budaya menulis di kalangan mahasiswa.

### *Saran Diseminasi*

Pada pengembangan bahan ajar ini tidak dilakukan tahapan diseminasi, namun apabila ada kesempatan untuk melakukannya maka terdapat beberapa hal yang patut menjadi pertimbangan yaitu sebagai berikut.

Pertama, modul berbasis riset ini dikembangkan berdasarkan kebutuhan bahan ajar pada matakuliah Bioteknologi di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang, sehingga akan sangat bermanfaat apabila benar-benar digunakan oleh dosen pengampu dan mahasiswa peserta matakuliah Bioteknologi di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang, baik sebagai sumber referensi maupun sebagai bahan ajar mandiri.

Kedua, perlu dilakukan seminar nasional maupun internasional, serta pengemasan dalam bentuk buku elektronik (*e-book*) sebagai upaya diseminasi modul berbasis penelitian secara luas bagi dosen, mahasiswa, dan peneliti lain agar hasil produk pengembangan berupa modul teknik kultur jaringan hewan ini dapat mudah dimanfaatkan oleh banyak pihak.

#### *Saran Pengembangan Produk Lebih Lanjut*

Beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk mengembangkan lebih lanjut agar kualitas bahan ajar meningkat adalah sebagai berikut.

Pertama, alat evaluasi bahan ajar ini hanya berupa latihan soal di setiap akhir kegiatan pembelajaran, tanpa adanya tes formatif. Oleh karena itu, sebaiknya ditambahkan tes formatif agar lebih mudah mengetahui seberapa besar pemahaman mahasiswa mengenai konsep yang telah dipelajari.

Kedua, pengembangan modul hanya dilakukan sampai tahap uji coba kelompok kecil, perlu uji coba kelompok sedang dan uji coba kelompok besar untuk mengetahui efektifitas modul tersebut dalam proses pembelajaran (*real teaching*).

Ketiga, langkah pengembangan bahan ajar ini tidak sampai memperhatikan pengaruh bahan ajar hasil pengembangan terhadap prestasi belajar mahasiswa, maka perlu dilakukan eksperimen semu (*quast experiment*) untuk mengetahui perbandingan antara kelas yang diajar menggunakan modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset dengan kelas yang diajar tanpa menggunakan modul teknik kultur jaringan hewan hasil pengembangan.

Keempat, modul teknik kultur jaringan hewan sebaiknya dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan penelitian serupa terkait potensi ZnO terhadap pene-

kanan proliferasi sel kanker payudara MCF-7 dengan skala nano (nanopartikel).

#### DAFTAR RUJUKAN

- Handayani, S. 2014. *Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Pengujian di Laboratorium sebagai Upaya Peningkatan Kompetensi*. Makalah disajikan dalam Prosiding Konvensi Nasional Asosiasi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (APTEKINDO) ke 7 FPTK Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, 12–15 November .
- Nurdin, A.M. 2014. *Pengembangan Modul Berbasis Riset Uji Potensi Minyak Jintan Hitam (Nigella sativa) terhadap Spermatogenesis pada Matakuliah Fisiologi Reproduksi*. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Pascasarjana UM.
- Thiagarajan, dkk. 1974. *Instructional Development for Training Teachers of Exeptional Children*. A. Sourcebook. Minneapolis, Minnesota: The Central for Innovation in Teaching the Handicapped.
- Yahya, I. 2010. *Manajemen Empat Langkah dalam Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Riset: Sebuah Pengalaman dari Perkuliahan Akustik di Jurusan Fisika FMIPA UNS*. Makalah disajikan dalam Pelatihan Penulisan Buku Ajar Berbasis Riset, LPPM UNS, Solo, 19 Oktober.
- Widayati, D.T., dkk. 2010. *Pedoman Umum Pembelajaran Berbasis Riset (PUPBR)*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, (Online), ([https://www.academia.edu/6703216/PEDOMAN\\_UMUM\\_PEMBELAJARAN\\_BERBASIS\\_RISET\\_PUPBR](https://www.academia.edu/6703216/PEDOMAN_UMUM_PEMBELAJARAN_BERBASIS_RISET_PUPBR)), diakses 28 Januari 2015.