

PENGEMBANGAN LABORATORIUM VIRTUAL BIOLOGI BERBASIS SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS (STEM) UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMUNIKATIF MAHASISWA

Nuraini Siradjudin¹, Joko Suratno², Pamuti³

¹Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Khairun

²Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Khairun

³Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Khairun

E-mail: nurainisiradjudin@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini secara khusus adalah mengembangkan laboratorium virtual biologi berbasis STEM yang diharapkan meningkatkan kemampuan komunikatif mahasiswa. Metode penelitian menggunakan metode penelitian pengembangan. Penelitian ini merupakan *Research and Development (R & D)*. Prosedur penelitian meliputi tahapan *One-to-one Evaluation* (Evaluasi Satu-satu), *Small Group Evaluation* (Evaluasi Kelompok Kecil), dan *Field Trial* (Uji Coba Lapangan). Produk hasil penelitian berupa laboratorium virtual biologi dan instrumen komunikatif. Hasil uji coba alpha tentang kualitas produk diketahui bahwa produk yang dikembangkan memiliki kriteria sangat baik, hasil uji coba beta menunjukkan produk memiliki kriteria baik, dan hasil evaluasi sumatif memperlihatkan bahwa produk yang dikembangkan dapat meningkatkan ketuntasan belajar mahasiswa dari kriteria rendah menuju kriteria tinggi. Terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan komunikasi antara mahasiswa yang diajar dengan produk hasil pengembangan dan mahasiswa yang diajar dengan pembelajaran tradisional. Produk penelitian dikembangkan hanya menampilkan salah satu kegiatan praktikum dan masih banyak kegiatan praktikum lain yang belum dibahas dan perlu dikembangkan. Selain itu, produk yang dikembangkan ini hanya diujicobakan di Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Khairun, sehingga masih mungkin dilakukan penelitian dan uji cobanya secara luas sehingga dapat dilihat efektifitas kemanfaatan produk ini secara luas.

Kata kunci: Laboratorium Virtual Biologi, Kemampuan Komunikasi

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan pada abad 21 kini semakin tidak dapat terbendung. Hal tersebut disebabkan sudah tidak ada batas antar negara dalam kaitannya dengan hal berkomunikasi dan kerja sama, sehingga semua sektor harus melakukan antisipasi terhadap perubahan yang terjadi. Dunia pendidikan pun perlu melakukan perubahan dalam penyesuaian model pembelajaran yang memungkinkan mengantisipasi perkembangan abad 21 (Kennedy & Odell, 2014), yang memerlukan empat keterampilan dasar, yaitu kritis, kreatif, komunikatif, dan kolaboratif. Kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah merupakan hal yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Sepanjang hidupnya manusia akan dihadapkan dengan berbagai permasalahan yang terjadi hari demi hari. Kreatifitas dalam menghasilkan inovasi akan sangat dibutuhkan seseorang dalam menghadapi persaingan baik secara langsung maupun tidak langsung. Setiap generasi harus selalu kreatif dengan memunculkan gagasan yang original. Kemampuan berkomunikasi seseorang perlu terus dilatih sehingga memunculkan kemampuan dalam mendengar orang lain, membaca situasi, berbicara pada saat dibutuhkan dan menulis sebuah

ide gagasan dengan mempergunakan berbagai medium. Bekerjasama dalam berkolaborasi juga perlu terus dikembangkan karena dengan terciptanya Kolaborasi yang baik akan menumbuhkan rasa penghargaan terhadap orang lain.

Masalah yang dijumpai dalam kegiatan pembelajaran di kelas adalah belum adanya sebuah kegiatan pembelajaran yang mampu meningkatkan berbagai atau beberapa keterampilan sekaligus. Oleh sebab itu, sebuah alternatif perlu diciptakan dalam rangka menyelesaikan permasalahan yang ada. Salah satu dari berbagai alternatif kegiatan belajar yang dapat dijadikan media dalam meningkatkan keterampilan dasar yang dibutuhkan di abad ini adalah pembelajaran yang mengaitkan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)*. STEM adalah suatu pembelajaran yang memadukan beberapa disiplin ilmu yang disarankan digunakan dalam membantu keberhasilan pencapaian kemampuan dalam menghadapi abad 21. Bila dikaji secara umum, maka tujuan dan manfaat pembelajaran STEM adalah dapat mengasah kemampuan berpikir kritis dan kreatif, inovatif logis, dan produktif; menanamkan rasa gotong royong dalam memecahkan masalah bersama; memperkenalkan cara pandang dunia kerja; menggunakan teknologi untuk berkreasi dan menyampaikan hasil yang kaya akan inovatif; media

dalam menumbuhkembangkan keterampilan menemukan dan menghasilkan solusi dari sebuah masalah; media dalam menciptakan dan menghasilkan keterampilan abad 21 dengan menyambungkan pengalaman dalam tahapan pembelajaran melalui perkembangan kapasitas dan keterampilan peserta didik; dan standar kemampuan dalam penggunaan teknologi. Penelitian ini penting karena belum banyak pelatihan pembelajaran yang berkaitan dengan STEM (Wahid & Talib, 2017) dan beberapa keterampilan yang dikaji dalam penelitian ini merupakan keterampilan dasar yang harus ada dalam setiap generasi muda dalam menghadapi abad 21.

Penelitian Afriana et al., (2016) yang mengintegrasikan project based learning dengan STEM menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan signifikan dalam hal literasi sains antara laki-laki dan perempuan namun STEM telah menimbulkan motivasi dan minat peserta didik dalam belajar. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Fawzia (2017) menyimpulkan bahwa pembelajaran STEM memiliki berpengaruh yang positif pada kemampuan desain siswa dalam materi pelajaran tentang ekosistem. Penelitian Mentari (2019) menyimpulkan bahwa media handout berbasis STEM dapat digunakan dalam melatih siswa dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif karena media tersebut memberikan waktu kepada siswa untuk menggunakan berbagai media dan perangkat pembelajaran yang lebih bervariasi dalam menciptakan produk bioteknologi yang konvensional. Penelitian Siradjudin et al. (2019) menyatakan bahwa pembelajaran STEM tidak efektif secara signifikan dalam mengembangkan kemampuan dan keterampilan dalam berpikir kritis dan juga kreatif mahasiswa pada program studi pendidikan biologi. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, tim peneliti mencoba melakukan kajian lebih lanjut terutama yang berkaitan dengan salah satu dari kemampuan atau ketrampilan yang dibutuhkan di abad 21, yaitu komunikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan atau *Research & Development (R & D)* dalam bidang pendidikan yang bertujuan bukan untuk merumuskan dan menguji sebuah teori tetapi bertujuan untuk menghasilkan bahan pembelajaran yang berupa sumber belajar interaktif berbasis komputer yang berupa softwarwe laboratorium virtual.

Prosedur penelitian ini merujuk pada tahap-tahap pengembangan multimedia berdasarkan Allesi & Trollip. Allesi & Trollip (2001: 409), telah membuat model untuk mengembangkan materi multimedia interaktif. Prosedur pengembangan produk dalam penelitian ini secara umum terdiri dari tiga prosedur penelitian yaitu: (1) perencanaan, (2) desain produk, dan (3) pengembangan produk yang meliputi uji coba, revisi, dan evaluasi. Pada setiap prosedur atau tahap

penelitian dilakukan evaluasi yang secara terus menerus terhadap produk yang dikembangkan.

Ada dua tahapan atau tes/uji coba utama yang digunakan untuk menilai produk multimedia interaktif ini, yaitu tes alpha dan tes beta. Selain itu, produk yang dikembangkan juga diuji coba dengan *ongoing evaluation*.

Subjek coba penelitian adalah sejumlah mahasiswa pada program studi Pendidikan Biologi Universitas Khairun. Data yang diperlukan dalam penelitian didapatkan dari beberapa sumber yaitu para ahli materi dan media serta mahasiswa. Data yang diperoleh berupa data kualitatif dan data kuantitatif.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner dan tes biologi. Kuesioner akan dipergunakan untuk mengetahui kualitas produk pengembangan dan tes biologi akan dipergunakan untuk mengetahui kemampuan komunikatif mahasiswa.

Data tentang kualitas produk hasil pengembangan diperoleh melalui instrumen berbentuk *checklist* dalam bentuk skala *Likert*, selanjutnya dilakukan analisis sehingga menjadi data dalam bentuk kuantitatif. Data yang dimaksud tersebut selanjutnya dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif. Analisis data secara deskriptif yang dilakukan khusus untuk mendapatkan skor yang berkaitan dengan tentang kualitas produk hasil pengembangan. Selanjutnya, digolongkan berdasarkan skor baku Glass dan Hopkins (1984: 76) serta Saifuddin Azwar (2007: 163) berikut.

Tabel 1. Kriteria Kualitas Produk Hasil Pengembangan

Skor (X)	Nilai	Kriteria
$4,0 < X$	A	Sangat Baik
$3,3 < X \leq 4,0$	B	Baik
$2,7 < X \leq 3,3$	C	Sedang
$2,0 < X \leq 2,7$	D	Jelek
$X \leq 2,0$	E	Sangat Jelek

Pada model penelitian pengembangan yang dilakukan, peneliti menetapkan bahwa nilai kelayakan produk hasil pengembangan minimal B. Keefektifan produk hasil pengembangan ditentukan berdasarkan tingkat ketuntasan belajar mahasiswa, peneliti menggunakan nilai 66, sehingga apabila mahasiswa pada tes sumatif mendapat nilai minimal 66, mahasiswa tersebut dinyatakan tuntas dan sudah mencapai ketuntasan belajar pada sub capaian pembelajaran mata kuliah. Selain itu, peneliti menggunakan kriteria minimal "Tinggi" dalam menentukan keefektifan produk hasil pengembangan dengan meninjau besarnya persentase mahasiswa yang tuntas dalam tes sumatif (tes kemampuan komunikatif). Oleh karena itu, apabila besarnya persentase mahasiswa yang tuntas sudah mencapai kriteria "Tinggi" maka produk yang dikembangkan dianggap sudah layak.

Tabel 2. Kriteria Persentase Ketuntasan Belajar

Ketuntasan (%)	Kriteria
$X \geq 85,0$	Sangat Tinggi
$70,0 \leq X < 85,0$	Tinggi
$55,0 \leq X < 70,0$	Rendah
$X < 55,0$	Sangat Rendah

Kelas yang diajar menggunakan produk hasil pengembangan akan dibandingkan ketuntasan kemampuan komunikasinya dengan kelas lain yang diajar dengan cara tradisional. Uji statistik yang digunakan untuk membandingkan kedua kelas tersebut adalah uji Chi-kuadrat. Menurut Guilford dan Fruchter (1981: 204), rumus chi-kuadrat yang digunakan untuk data yang disusun ke dalam tabel 2 x 2 adalah sebagai berikut:

$$\chi^2 = \frac{N(ad - bc)^2}{(a + b)(a + c)(b + d)(c + d)}$$

Notasi a dan b berturut-turut menyatakan jumlah mahasiswa yang tuntas dan tidak tuntas dalam belajar pada kelas yang diajar dengan menggunakan produk yang dikembangkan, sedangkan notasi c dan d berturut-turut menyatakan jumlah mahasiswa yang tuntas dan yang tidak tuntas dalam belajar pada kelas lain yang diajar dengan menggunakan metode tradisional, sedangkan N merupakan jumlah seluruh siswa dari kedua kelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk awal dikembangkan melalui 3 (tiga) tahapan pengembangan, yaitu perencanaan, desain, dan pengembangan.

Perencanaan; Tahap perencanaan terdiri dari menentukan lingkup materi, menentukan jenis *software* yang akan dipergunakan, dan memilih jenis pembelajaran berbasis komputer. Materi yang akan dituangkan pada produk yang dikembangkan adalah tentang fotosintesis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap laju fotosintesis. Secara umum produk ini dikembangkan dengan bantuan *software* aplikasi yaitu Adobe Flash CS4 Professional. *Software-software* pendukung dalam pembuatan media ini adalah Adobe Fotoshop CS4, Adobe Ilustrator CS4, dan Camtasia Studio 6. Adobe Fotoshop CS4 dan Adobe Ilustrator CS4 digunakan untuk membuat *background* media dan Camtasia Studio 6 digunakan untuk merekam pembahasan atau penjelasan materi dan narasi. Jenis pembelajaran berbasis komputer yang dipilih merupakan gabungan dari tutorial dan drill.

Desain; Tahapan desain terdiri dari pembuatan *flowchart* dan *story board*. Tampilan *flowchart* memperlihatkan *link* dari satu tampilan ke tampilan yang lain serta *link* pilihan untuk keluar. Tampilan *story board* menunjukkan tata letak tulisan, tombol,

grafik, dan audio yang akan dimasukkan ke dalam produk.

Pengembangan; Pengembangan merupakan tahapan terakhir pada produk awal. Tahap pengembangan terdiri dari pembuatan *background*, penyiapan teks, pembuatan grafik, dan pembuatan audio. *Background* dibuat dengan mempergunakan program aplikasi Adobe Fotoshop CS4 dan Adobe Ilustrator CS4. Penyiapan teks terdiri dari pemilihan jenis huuf, warna huruf, dan ukuran huruf serta spasinya. Pembuatan grafik terdiri dari pembuatan grafik statis dan grafik dinamis. Pembuatan audio merupakan tahapan akhir produk awal. Audio dan tampilan tayangan direkam dengan mempergunakan Camtasia Studio 6.

Software produk awal yang telah dikembangkan kemudian dimasukkan ke dalam CD dengan nero 7. Total kapasitas produk awal sebesar 433 MB sehingga produk ini dapat dimasukkan ke dalam CD yang memiliki kapasitas 700 MB. Setelah tahapan pengembangan produk awal selesai dilakukan maka tahap selanjutnya adalah menyerahkan produk awal ke para ahli untuk dilakukan validasi produk.

Analisis Ujicoba Alfa

Berdasarkan data hasil evaluasi ahli materi diketahui bahwa rata-rata evaluasi ahli materi adalah 4,09 dan dapat digolongkan ke dalam kriteria sangat baik. Kriteria sangat baik tersebut disumbang dari kriteria sangat baik sebesar 18%, kriteria baik sebesar 73%, kriteria cukup sebesar 9%, kriteria tidak baik dan juga sangat tidak baik sebesar 0%.

Berdasarkan data hasil evaluasi ahli media yang pertama diketahui bahwa rata-rata adalah 4,18 yang dapat digolongkan ke dalam kriteria sangat baik. Kriteria tersebut diperoleh dari sebaran kriteria dari kriteria sangat baik sebesar 36%, kriteria baik sebesar 46%, kriteria cukup sebesar 18%, sampai dengan kriteria tidak baik dan juga sangat tidak baik yang masing-masing sebesar 0%.

Pada data hasil evaluasi ahli media yang kedua diketahui bahwa rata-rata adalah 4,36 yang dapat digolongkan ke dalam kriteria sangat baik. Kriteria tersebut diperoleh dari sebaran kriteria sangat baik sebesar 36%, kriteria baik sebesar 64%, sedangkan kriteria cukup sebesar sampai dengan sangat tidak baik, masing-masing sebesar 0%.

Berdasarkan analisis di atas diketahui bahwa rata-rata data hasil evaluasi ahli materi, ahli media pertama, dan ahli media kedua masing-masing adalah 4,09; 4,18; dan 4,36 sehingga diperoleh rata-rata hasil evaluasi pada tahap uji coba alpha adalah sebesar 4,21 yang tergolong dalam kriteria sangat baik. Sebaran masing-masing kriteria dari para ahli dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria dari ahli

No.	Statistik	KKM	Keterangan
1	Skor minimum	2,67	Sangat rendah
2	Skor minimum	100,00	Sangat tinggi
3	Rata-rata	78,95	Tinggi
4	Simpangan baku	18,55	Cenderung seragam

Analisis Data Uji Coba Beta

Nilai rata-rata mahasiswa pada tes awal uji coba beta sebesar 36,00 dan dengan kriteria batas bawah ketuntasan 66 maka seluruh mahasiswa tidak tuntas sehingga ketuntasan siswa pada tes awal tersebut dapat berarti sangat rendah. Di sisi lain, nilai rata-rata mahasiswa pada tes akhir sebesar 66,67 dan seluruh mahasiswa tuntas sehingga ketuntasan siswa pada tes akhir tersebut dikatakan sangat tinggi.

Berdasarkan hasil uji coba beta pada tabel di atas dapat dilihat bahwa produk hasil pengembangan telah mencapai kriteria yang ditetapkan, yaitu ketuntasan belajar mahasiswa pada post-test atau tes akhir telah melebihi nilai yang diharapkan. Harapan ketuntasan belajar dalam penelitian ini adalah ketuntasannya "Tinggi".

Analisis Data Hasil Evaluasi Sumatif

Perbandingan ketuntasan belajar pada evaluasi sumatif dianalisis dengan tes statistik non parametrik. Sebelum dilakukan tes statistik non parametrik maka ditampilkan tabel untuk melihat besarnya persentase mahasiswa yang telah tuntas dalam belajar, baik pada kelas E1 maupun kelas E2 yang dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ketuntasan Belajar mahasiswa

No.	Statistik	KKM	Keterangan
1	Skor minimum	2,67	Sangat rendah
2	Skor minimum	100,00	Sangat tinggi
3	Rata-rata	78,95	Tinggi
4	Simpangan baku	18,55	Cenderung seragam

Analisis yang digunakan adalah chi-kuadrat dengan korelasi Yates karena salah satu selnya (kolomnya) memiliki frekuensi yang kurang dari 10. Berdasarkan analisis tersebut dapat dilihat bahwa hasil pada analisis chi-kuadrat Yates untuk data *posttest* adalah 24,447 dengan *p-value* < 0,05, sehingga berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan terdapat perbedaan ketuntasan belajar antara kelas E1 dan kelas E2 dengan ketuntasan belajar kelas E1 sebesar 72% dan ketuntasan belajar kelas E2 sebesar 11%. Ketuntasan belajar kelas E1 dapat digolongkan ke dalam kriteria "Tinggi", sehingga telah memenuhi harapan.

Berdasarkan komentar dan beberapa saran perbaikan baik dari ahli materi maupun ahli media didapatkan permasalahan-permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian dan perbaikan. Permasalahan tersebut yaitu sebagai berikut.

Pembukaan tidak menampilkan ciri khas lembaga; Produk awal yang dikembangkan sebelumnya tidak ditampilkan ciri khas lembaga yang merupakan lembaga atau institusi di mana produk ini dibuat. Perbaikan yang dilakukan adalah membuat sebuah animasi yang disertai video, logo kecil lembaga yang terletak ditengah-tengah layar dan kemudian membesar dan menghilang, dan diakhiri dengan sebuah layar pembukaan yang masih menampilkan ciri khas institusi lembaga serta disertai sebuah musik pengiring.

Tidak menampilkan petunjuk pembelajaran; Petunjuk yang ditampilkan sebelum perbaikan merupakan petunjuk untuk menjalankan media sehingga perlu ditambahkan petunjuk yang dapat membantu mempermudah mahasiswa dalam belajar yaitu petunjuk pembelajaran. Petunjuk pembelajaran ditambahkan pada petunjuk yang sudah ada sehingga ukuran font dalam tampilan diperkecil.

Penjelasan kurang animasi; Penjelasan materi yang dilakukan sebelum perbaikan sebagian besar tidak disertai animasi. Hanya beberapa saja yang menampilkan animasi. Pada produk yang diperbaiki, seluruh penjelasan materi menggunakan animasi. Animasi yang ditampilkan berupa gambar yang bergerak yang mengilustrasikan atau menjelaskan apa yang materi yang diterangkan. Bagian ini juga disertai narasi yang dapat dikontrol.

Warna tulisan kurang cocok; Secara keseluruhan warna tulisan mengalami perubahan setelah diadakan perbaikan. Warna tulisan yang dikomentari oleh salah satu ahli adalah warna merah. Oleh karena itu, diadakan perubahan warna pada tulisan dan warna merah tidak dipergunakan lagi dalam media yang telah diperbaiki.

Kesalahan teks; Perubahan menyeluruh terhadap produk menyebabkan perubahan tampilan tulisan dan tata letak, serta isi tulisan itu sendiri. Oleh karena itu, sebagian besar tulisan berubah dan isi tulisan berubah.

Narasi yang bertele-tele; Permasalahan yang berhubungan dengan narasi diselesaikan dengan cara menyampaikan narasi yang sesuai dengan teks yang ditampilkan dan disertai dengan pengontrol berupa tombol. Teks sangat diperlukan untuk memperjelas penjelasan terutama bagi komputer yang tidak menyediakan pengeras suara sedangkan tombol berfungsi untuk mematikan (*mute*) narasi apabila narasi yang mengiri pembahasan dirasakan mengganggu. Teks akan berubah sesuai dengan narasi yang mengiringinya.

Penyajian diagram untuk fotosintesis kurang jelas dan terlalu ruwet; Penyajian diagram untuk unsur-unsur lingkaran dilakukan perubahan terhadap tampilannya. Perubahan adalah dengan melakukan pemisahan penjelasan masing-masing unsur fotosintesis dan memberikan pengulangan secara bersamaan pada akhir penjelasan.

Penunjukkan bagian diagram dengan diagram *anak panah*, mengganggu diagram; Penunjukan

bagian diagram yang sebelumnya menggunakan bantuan cursor diganti dengan sebuah diagram anak panah yang berkedip-kedip dengan warna garis banggunya. Hal tersebut dilakukan agar tidak mengganggu diagram yang sedang dijelaskan.

Ongoing evaluation juga dilakukan terhadap produk yang dikembangkan. Evaluasi tersebut mengakibatkan perubahan-perubahan pada tampilan media. Perubahan yang nampak sekali adalah warna tampilan, halaman pembukaan, halaman penutup, judul yang ditampilkan bergerak, dan hampir secara menyeluruh terhadap penjelasan materi. Perubahan-perubahan tersebut ditampilkan pada produk akhir hasil revisi.

Secara umum produk ini dikembangkan dengan bantuan software aplikasi yaitu Adobe Flash CS4 Professional. Software-software pendukung dalam pembuatan media ini adalah Adobe Photoshop CS4, Adobe Illustrator CS4, dan Camtasia Studio 6. Adobe Photoshop CS4 dan Adobe Illustrator CS4 digunakan untuk membuat background media dan Camtasia Studio 6 digunakan untuk merekam pembahasan atau penjelasan materi dan narasi. Software-software tersebut merupakan sarana dalam pembuatan media ini dan kualitas dari hasil akhir media yang dikembangkan ditentukan oleh tahapan evaluasi.

Hasil evaluasi media atau produk hasil pengembangan menunjukkan bahwa media ini layak dipergunakan dalam pembelajaran di kelas. Hal tersebut ditunjukkan dari uji coba alpha yang menurut para ahli media ini dapat digolongkan ke dalam kriteria sangat baik. Selain itu, dari uji coba beta dan evaluasi sumatif menunjukkan bahwa produk ini dapat digolongkan ke dalam kriteria baik sehingga produk ini layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran dan memiliki beberapa kelebihan.

Produk ini memiliki beberapa kelebihan. Kelebihan produk ini antara lain dapat dipergunakan oleh dosen untuk mengajar baik di ruang kelas atau di laboratorium. Selain itu, mahasiswa juga dapat mempelajari materi yang terdapat di dalam media dengan bantuan dosen maupun tanpa bantuan dosen. Mahasiswa dapat mengulang kembali penjelasan materi yang dirasakan kurang jelas dan siswa dapat belajar kapan pun dan dimana pun dengan mempergunakan bantuan komputer atau laptop yang ada. Sehingga produk ini sangat membantu mahasiswa dalam belajar walaupun di sisi lain masih banyak kelemahan.

Kelemahan-kelemahan dalam penggunaan media berbantuan komputer dapat bersalah dari media itu sendiri maupun dari perangkat komputer yang ada. Kelemahan media dapat berupa kesulitan mempelajari atau menggunakan aplikasi sehingga kualitas belajar maksimal yang diharapkan belum tercapai baik dilihat dari segi visual media maupun berdasarkan hasil rekaman narasinya. Selain itu, kelemahan yang ada pada media ini adalah diperlukannya komputer dalam mengoperasikannya, sehingga bagi kampus yang

kelengkapan perangkat komputer dan pendukungnya kurang akan mengalami kesulitan dalam menggunakan produk hasil pengembangan ini.

KESIMPULAN

Produk penelitian pengembangan yang berupa sumber belajar laboratorium virtual dikembangkan melalui tiga tahap pengembangan yaitu diawali dengan perencanaan, dilanjutkan desain, dan diakhiri dengan tahap pengembangan. Berdasarkan penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulannya bahwa Hasil tes atau uji coba alpha tentang kualitas produk diketahui bahwa produk yang dikembangkan memiliki kriteria sangat baik, hasil tes atau uji coba beta menunjukkan produk memiliki kriteria baik, dan hasil tes atau evaluasi sumatif memperlihatkan bahwa produk hasil pengembangan memiliki kriteria baik. Hasil tes atau evaluasi sumatif memperlihatkan bahwa produk yang dikembangkan dapat meningkatkan ketuntasan belajar mahasiswa dari kriteria rendah menuju kriteria tinggi. Terdapat perbedaan yang signifikan pada kemampuan komunikasi antara mahasiswa yang diajar dengan produk hasil pengembangan dan mahasiswa yang diajar dengan pembelajaran tradisional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afriana, J., Permatasari, A., & Fitriani, A. (2016). Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 202–212.
- [2] Borg, W. R., & Gall, M. . (1983). *Educational research: An introduction*. Longman Inc.
- [3] Brodie, K. (2010). *Teaching mathematical reasoning in secondary school classrooms*. Springer.
- [4] Cinar, S., Pirasa, N., Uzun, N., & Erlenler, S. (2016). The Effect of Stem Education on Pre-Service Science Teachers' Perception of Interdisciplinary Education. *Journal of Turkish Science Education*, 13, 118–142.
- [5] Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The Systematic Design of Instruction* (8th ed.). Pearson.
- [6] Fawzia, N. (2017). *Pengaruh Pembelajaran Berbasis STEM Terhadap Keterampilan Desain Produk pada Materi Ekosistem*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- [7] Gall, M. D., Gall, J. P., & Borg, W. R. (2003). *Educational research: An introduction* (7th ed.). : Pearson Education, Inc.
- [8] Gay, L. R. (1981). *Educational research: Competencies for analysis & application* (2nd ed.). Charles E. Merrill Publishing Co.
- [9] Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students In STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.

Sirajudin, N., Suratno, J., Pamuti, *Pengembangan Laboratorium Virtual Biologi Berbasis Science, Teknologi, Engineering, and Mathematics (STEM) untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikatif Mahasiswa*

- [10] Mentari, W. (2019). *Pengembangan Handout Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Bioteknologi*. Universitas Lampung.
- [11] Savin, M., & Major, C. H. (2004). *Foundations of problem-based learning*. Open University Press.
- [12] Sirajudin, N., Suratno, J., & Pamuti, P. (2019). *Efektivitas Model Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif Mahasiswa Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA)*. Universitas Khairun.
- [13] Wahid, N. T. A., & Talib, O. (2017). Stem Integration in Classroom Practices among Biology Teachers in Mara Junior Science College. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(4).