KARAKTERISTIK DAN EFEKTIFITAS PEMBELAJARAN *BLENDED LEARNING* PADA MATAKULIAH GENETIKA MELALUI AKTIVITAS *REALITY LABORATORIUM* DAN *VIRTUAL LABORATORIUM* DI PRODI PENDIDIKAN BIOLOGI FKIP UNIVERSITAS KHAIRUN

Abdu Mas’ud1, Sundari1, Intan Fitriani Azahra2

1,2Departement Biology Education of Faculty Teacher Training and Education, Khairun University, Indonesia

*\*Corresponding author;* [*abdumasud@unkhair.ac.id*](mailto:abdumasud@unkhair.ac.id)

[](http://crossmark.crossref.org/dialog/?doi=10.32585/jgse.v2i2.xxx&domain=pdf)

Received 25 February 2015; accepted 8 May 2015; published 13 May 2015 (Arial Narrow, 11pt)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ABSTRACT (Arial Narrow, 10pt) |  | KEYWORDS |
| Virtual laboratories can provide real learning experiences through computer-aided simulations and activities. Virtual laboratory is rapidly developing its use in science learning because it is proven to provide significant benefits to the process and results of science learning during the pandemic. The limitations of laboratory facilities in genetics learning at the unkhair Biology Education Study program have encouraged the development of virtual practicum strategies and their use in genetic learning with modified free inquiry strategies on the topic of the structure and function of genetic material and reproduction of genetic material. The purpose of this study was to analyze the effectiveness of virtual laboratories based on student perceptions of the use of virtual laboratory applications and to describe and compare these perceptions with the use of laboratory reality and relevant previous research results. There are five aspects of perception surveyed, namely innovation, motivation, effectiveness, benefits, and presentation of practical procedures. This research method uses a quasi-experimental research design for the characteristics and effectiveness of using virtual laboratories and real laboratories in the Genetics course at the Biology Education Study Program, Khairun University, Ternate on the topic of DNA isolation, chromosomes and mitosis. The results of this study indicate that: the characteristics of Blended Learning practicum in the Genetics course in 4th semester students of Biology study program are: 1) instruction-based practicum; 2) practicum based on data collection and reporting of practicum results; 3) practicum based on proof of concept. The effectiveness of the implementation of genetics practicum in laboratory reality and virtual laboratories based on the perception of student responses is more likely to choose reality laboratories than virtual laboratories. The effectiveness of the implementation of genetic practicum based on the results of the practicum report is known to be not significantly different between the results of the practicum in reality and in the virtual laboratory. |  | Keyword\_ reality lab  Keyword\_ virtual lab  Keyword\_efectivitas  Keyword\_percepsion  Keyword\_materi genetik  This is an open-access article under the [CC–BY-SA](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license  [https://licensebuttons.net/l/by-sa/3.0/88x31.png](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) |

# Introduction (Heading 1) (Arial Narrow, bold, 11 pt) *(one single space, 11pt font)*

Kegiatan laboratorium dengan metode eksperimen memiliki peran yang penting dalam pembelajaran Genetika. Metode eksperimen merupakan salah satu cara belajar yang efektif dengan menyertakan peran aktif mahasiswa didalamnya yang berguna dalam meningkatkan daya ingat pada pembelajaran. Materi isolasi DNA, koromosom dan Mitosis pada praktikum Genetika memerlukan alat-alat praktikum yang cukup banyak dan bahan kimia yang berbahaya sehingga perlu persiapan dan kedisiplinan dalam praktik di laboratorium. Berbagai kendala yang dihadapi dalam pembelajaran sains seperti keterbatasan fasilitas laboratorium atau kekurangan sumber belajar dan media pembelajaran dapat diatasi dengan kemampuan teknologi komputer.

Pembelajaran Genetika membutuhkan penelaahan, pembahasan, dan prosedur laboratorium yang teliti terhadap berbagai fenomena biologi sampai pada tingkat molekul DNA. Untuk itu, diperlukan fasilitas pembelajaran yang mendukung aktivitas mahasiswa dalam menelaah fenomena reaksi kimia dalam organisme tersebut. Namun, masih ditemukan kendala keterbatasan fasilitas laboratorium di Program Studi Pendidikan Biologi Unkhair. Alternatif solusi yang dilakukan adalah mengembangkan aplikasi *virtual laboratory* (*virlab*) yang diharapkan dapat mengatasi keterbatasan fasilitas laboratorium dan memberikan mahasiswa pengalaman ‘bekerja’ di laboratorium biologi .

*Virlab* adalah simulasi interaktif dari eksperimen di mana semua manipulasi dilakukan di dalam komputer (Špernjak & Šorgo, 2017). Menurut Abramov, et al. (2016) *virlab* merupakan suatu *software* yang mensimulasikan eksperimen di laboratorium nyata. *Virlab* telah populer digunakan dalam kebanyakan pembelajaran sains, terutama karena didukung oleh peningkatan kemampuan komputer dalam pemrosesan informasi (Špernjak & Šorgo, 2017). Berbagai aplikasi *virlab* terkait dengan konten biologi dan juga peralatan biologi virtual telah dikembangkan dan digunakan dalam pembelajaran, misalnya *biotechnology virtual labs* **(**Abramov, et al., 2016; Nair, et al., 2012; Diwakar, et al., 2011), *virtual microscope* (Bonser, et al., 2013; Triola & Holloway, 2011), *virtual transgenic* (Shegog, et al., 2012), *virtual immunology* (Bercot, et al., 2013), *virtual morphology laboratory* (Avila, et al., 2013), dan dalam bidang mikrobiologi dan toksikologi farmasi (Dyrberg, et al., 2016). Sebagian besar *software virlab* memiliki grafis 3D yang dapat meningkatkan pengalaman pengguna, namun tingkat detalisasi dari lingkungan *virlab* bervariasi (Abramov, et al., 2016). Produk *software virlab* tersedia dalam berbagai *platform*, termasuk *desktop* dan *web-based*. Versi *desktop* umumnya memiliki grafis yang lebih baik dan kualitas konten yang lebih tinggi (Raineri, 2001).

Penggunaan *virlab* memiliki beberapa keuntungan, yaitu fleksibel dalam pengaturan waktu dan lokasi praktikum, hasil praktikum langsung tersedia dan dapat diandalkan, praktikum bisa segera diulang, tidak perlu sering membeli peralatan dan bahan laboratorium, eksperimen aman dan hemat karena memungkinkan 'bekerja' dengan bahan berbahaya atau mahal, dan durasi eksperimen menjadi lebih singkat (Špernjak & Šorgo, 2009); tidak bergantung kepada ketersediaan fasilitas eksperimen yang sebenarnya, minim kesalahan prosedur kerja dan kesalahan penanganan percobaan, dan juga minim penggunaan reagen (Potkonjak, et al., 2016); meningkatkan keselamatan kerja di laboratorium (Toth, et al., 2014); dan merupakan cara yang lebih efektif untuk memfokuskan peserta didik dalam memahami konsep-konsep yang susah (Carnevale dalam Polly, et al., 2014).

Adapun keterbatasan atau kelemahan penggunaan *virlab* dalam pembelajaran adalah hilangnya perolehan *hands-on skills* dalam bekerja di laboratorium nyata, kurangnya koneksi antara rancangan dan hasil eksperimen, dan tingkat sosialisasi atau kolaborasi di antara siswa menjadi lebih rendah (Špernjak & Šorgo, 2009); terbatasnya tindakan yang mungkin dilakukan, tanggapan manual yang buruk, dan kemungkinan kurangnya pengalaman yang tepat saat berhadapan dengan fasilitas laboratorium nyata (Potkonjak, et al., 2016).

Berbagai hasil penelitian telah memaparkan implikasi dari penggunaan *virlab* dalam pembelajaran sains, misalnya berpotensi untuk meningkatkan persiapan pra-laboratorium sehingga mahasiswa merasa jauh lebih percaya diri dan nyaman mengoperasikan peralatan laboratorium, mampu menyesuaikan parameter dan hasilnya, serta meningkatkan partisipasi diskusi mahasiswa dalam praktikum mikrobiologi dan toksikologi farmasi (Dyrberg, et al., 2016); meningkatkan pengembangan konsep dan keterampilan laboratorium serta kemampuan mendiagnosis penyakit (Polly, et al., 2014); dapat meningkatkan perolehan pengetahuan dan mempromosikan pembelajaran kimia yang efektif, dapat menyajikan materi pengajaran kimia pada tingkat makroskopik, simbolis, dan submikroskopik (Herga, et al., 2016). Penelitian Maldarelli, et al. (2009) menemukan adanya peningkatan yang signifikan dalam jumlah siswa yang mengalami peningkatan pengetahuan, kepercayaan diri, dan pengalaman tentang teknik laboratorium setelah melihat video *virlab*, dan bahwa video instruksional sebagai latihan pra laboratorium berpotensi untuk membakukan teknik dan mendukung hasil eksperimen yang sukses**.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menguji efektifitas virtual laboratorium dan reality laboratorium dalam pembelajaran matakuliah Genetika.

# Method (Arial Narrow, bold, 11 pt) *(one single space, 11pt font)*

Jenis penelitian ini adalah penelitian Quasi *experimental design* posttest-only control design. Kelompok penelitian ada dua kelompok eksperimen, yaitu kelompok pertama adalah kelompok eksperimen yang diukur dengan menggunakan model pembelajaran yang menggunakan *Laboratorium Riil* dan kelompok kedua yang menggunakan *Laboratorium Virtual.*

Variabel pada penelitian ini ada dua yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebasnya yaitu (X1) Penggunaan Laboratorium Riil, (X2) Penggunaan Laboratorium Virtual dan variabel terikatnya yaitu (Y) Persepsi dan Hasil Belajar mahsiswa mahasiswa. Pengolahan data hasil penelitian digunakan dua teknik, yaitu analisis deskriptif dan analisis inferensial dengan menggunakan software spss versi 15

# Results and Discussion

## Karakteristik Pembelajaran Praktikum Matakuliah Genetika dengan Virtual Lab dan Reality Laboratorium

Implementasi praktikum matakuliah Genetika 1 pada mahasiswa semester 4 tahun 2021 pada konsep Materi Genetik dilakukan secara reality laboratorium dan virtual laboratorium. Topik praktikum yang dilaksanakan adalah Isolasi DNA buah pisang dilaksanakan secara reality laboratorium; topik pengamatan kromosom raksasa kelenjar ludah Drosophila melanogaster dilaksanakan secara virtual laboratorium dan Pengamatan fase fase pembelahan sel secara Mitosis dilakukan secara virtual laboratorium. Adapun deskripsi pelaksanaan praktikum matakuliah Genetika 1 dapat dilihat pada respon mahasiswa terhadap pelaksanaan praktikum sebagai berikut:

1. Tujuan Praktikum

Respon mahasiswa terkait tujuan praktikum Sebagian besar mahasiswa sudah memahami tujuan praktikum yaitu melihat struktur DNA (49,3%) sisa prosentase lainnya menjelaskan tujuan teknik dan bahan isolasi. Deskripsi tujuan praktikum seperti Gambar 1 berikut:

Gambar 1: Tujuan Praktikum Isolasi DNA

Gambar 2. Tujuan Praktikum Kromosom raksasa

Berdasarkan deskripsi di atas dapat diketahui bahwa sebagian besar mahasiswa telah mengetahui tujuan praktikum untuk melihat stuktur dan bentuk kromosom raksasa pada kelenjar ludah Drosophila (33,3%)

Gambar 3. Tujuan Ptaktikum Mitosis

Berdasarkan Gambar 3 di atas diketahui bahwa sebanyak 45,8 % mahasiswa memahami tujuan praktikum mitosis akar bawang merah.

1. Persepsi terhadap reality Laboratorium

Gambar 4: Respon Mahasiswa terhadap Reality Laboratorium

Diketahui bahwa sebagian besar mahasiswa cenderung lebih merasa lebih mudah dalam pembelajaran reality laboratorium.

Gambar 5: Respon Mahasiswa Terhadap Virtual dan Reality Lab.

Dari Gambar 5 diketahui bahwa sebagian besar (63,2%) mahasiwa merasakan lebih memehami konsep pada praktikum reality laboratorium

Gambar 6: Saran Implementasi Virtual Lab

Selanjutnya dari gambar 6 diketahui bahwa sebagian besar (61,4%) memberikan saran agar praktikum secara real karena pelaksanaan praktikum secara virtual kurang efektif

1. Uji Hipotesis

Uji Hipotesis. Setelah melakukan perhitungan uji normalitas dan uji homogenitas didapat data berdistribusi normal dan homogen, kemudian dilanjutkan dengan uji t-test. Berdasarkan hal tersebut, maka akan dilanjutkan pada pengujian hipotesis penelitian (H1). Dari hasil uji-t diperoleh thitung = 17,416 dan ttabel = 2,021 untuk db = 56 dari taraf signifikansi 5%. Hal ini berarti thitung > ttabel, sehingga H0 ditolak dan H1diterima. Berdasarkan Kriteria pengujian, H0 ditolak dan H1 diterima yang artinya terdapat perbedaan hasil belajar mahasiswa yang berpraktikum secara virtual dan reality laboratorium pada matakuliah Genetika 1 di prodi pendidikan Biologi Universitas Khairun tahun 2021.

## Pembahasan

Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa mahasiswa semester 4 prodi pendidikan Biologi tahun 2021 secara umum lebih memilih dan merasa memahami serta efektif praktikum dengan reality laboratorium. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Špernjak dan Šorgo, (2017) yang menemukan bahwa dari tiga jenis kerja laboratorium, maka *virlab* paling tidak disukai oleh mahasiswa.

Mahasiswa lebih menyukai *computer-supported laboratory* (CSL), diikuti oleh *traditional laboratory* (TL), dan terakhir *virtual laboratory* (VL) pada percobaan aktivitas ragi, pertukaran gas, dan detak jantung’. Mahasiswa menyukai kerja laboratorium dengan dukungan komputer (CSL), bukan dengan simulasi saja. Mereka lebih menyukai CSL karena ada kombinasi antara aktivitas *hands-on* dan teknologi komputer sehingga kompetensi *hands-on skills* dan *digital–computer* dapat berkembang. Mahasiswa tidak menyukai VL karena segala sesuatunya telah disiapkan dengan sempurna, dan mereka hanya tinggal menekan tombol pada komputer sehingga motivasi menurun dan menjadi bosan.

Aplikasi *virlab* yang digunakan dalam pembelajaran genetika ini dirancang untuk mendukung pembelajaran *free inquiry*, di mana mahasiswa harus aktif mencari pengetahuan dan informasi dari berbagai sumber belajar dalam rangka menguji hipotesis penelitian yang telah diajukannya. Oleh karena itu, sebelum melakukan kegiatan praktikum *virtual*, mahasiswa harus berusaha mempelajari konsep dan prosedur kerja isolasi DNA, pengamatan kromosom raksasa dan mitosis.

Hasil analisis data menunjukkan sebanyak 61,3% mahasiswa memiliki persepsi positif dan 38,9% lainnya negatif. Jika dibandingkan dengan aspek lainnya maka pada aspek efektivitas ini persepsi negatif dari mahasiswa paling besar, artinya cukup banyak mahasiswa yang berpendapat bahwa *virlab* tidak efektif dan tidak efisien untuk menggantikan praktikum lab nyata atau yang riil.

Persepsi negatif ini dapat dihubungkan dengan laporan Schnotz dan Lowe (2003) yang menyatakan bahwa penggunaan animasi tidak selalu berfungsi sebagai alat yang efektif untuk pembelajaran. Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian Špernjak dan Šorgo (2017) bahwa mahasiswa pengguna tidak menyukai *virlab* karena segala sesuatunya telah disiapkan dengan sempurna, dan pengguna hanya tinggal menekan tombol pada komputer sehingga pengguna kurang termotivasi dan menjadi bosan.

Demikian juga dengan Smetana dan Bell (2012) yang tidak merekomendasikan *virlab* sebagai pengganti praktikum *hands-on* dan CSL, tetapi hanya sebagai pelengkap misalnya untuk pengenalan subjek yang baru, membantu mahasiswa yang tidak hadir, atau untuk mengimplementasikan eksperimen yang mahal, berbahaya atau tidak dapat dipraktikumkan di laboratorium sekolah.

Namun, Bakar, et al. (2013) telah menguji efektivitas *virlab* dengan pendekatan kuasi eksperimen dan hasil pengujian menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang menggunakan *virlab* dalam pembelajarannya memiliki pencapaian akademik yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol.

# 4. Conclusion

Virtual laboratorium dan Reality laboratorium merupakan salah satu pendekatan blended learning dalam praktikum di masa pandemic. Secara umum mahasiswa Pendidikan Biologi semester 4 tahun 2021 yang menempuh matakuliah genetika 1 lebih cenderung memilih Reality laboratorium dibandingkan virtual laboratorium. Tujaun dan metode praktikum akan lebih dipahami dengan melaksanakan reality laboratorium.

##### Acknowledgment

Ucapan terimakasih kepada LPPM Universitas Khairun yang telah memberikan dana penelitian hibah PKUPT tingkat FKIP melalui DIPA tahun 2021.

##### References

Abramov, V., Kugurakova, V., Rizvanov, A., Abramskiy, M., Manakhov, N., Evstafiev, M., & Ivanov, D. (2016). Virtual biotechnological lab development*. BioNanoScience, 7*(2), 363– 365. doi: https://doi.org/10.1007/s12668-016-0368-9

Avila, R. E., Samar, M. E., Sugand, K., Metcalfe, D., Evans, J., & Abrahams, P. H. (2013). The first South American free online virtual morphology laboratory: Creating history. *Creative Education*, *4*(10A), 6-17. doi: https://doi.org/10.4236/ce.2013.410A002

Bakar, N., Zaman, H. B., Kamalrudin, M., Jusoff, K., & Khamis, N. (2013). An effective virtual laboratory approach for chemistry. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *7*(3), 78- 84.

Bercot, F. F., Augusto, A., -Neto, F., Lopes, R. M., Faggioni, T., & Alves, L. A. (2013). Virtual immunology: Software for teaching basic immunology. *The International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, *41*(6), 377-383. doi: https://doi.org/10.1002/bmb.20733.

Bercot, F. F., Augusto, A., -Neto, F., Lopes, R. M., Faggioni, T., & Alves, L. A. (2013). Virtual immunology: Software for teaching basic immunology. *The International Union of Biochemistry and Molecular Biology*, *41*(6), 377-383. doi: https://doi.org/10.1002/bmb.20733

Bonser, S. P., de Permentier, P., Green, J., Velan, G. M., Adam, P., & Kumar, R. K. (2013). Engaging students by emphasising botanical concepts over techniques: Innovative practical exercise using virtual microscopy. *Journal of Biological Education*, *47*(2), 123-127. doi: https://doi.org/10.1080/00219266.2013.764344

Diwakar, S., Nair, B. G., & Nedungadi, P. (2011). Enhanced facilitation of biotechnology education in developing nations via virtual labs: Analysis, implementation and case-studies. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, *3*(1), 1793-8201.

Dyrberg, N. R., Treusch, A. H., & Wiegand, C. (2016). Virtual laboratories in science education: Students’ motivation and experiences in two tertiary biology courses. *Journal of Biological Education*, doi: http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2016.1257498

Herga, N. R., Čagran, B., & Dinevski, D**.** (2016). Virtual laboratory in the role of dynamic visualisation for better understanding of **c**hemistry in primary school. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *12*(3), 593-608. doi: https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a

Maldarelli, G. A., Hartmann, E. M., Cummings, P. J., Horner, R. D., Obom, K. M., Shingles, R., & Pearlman. (2009). Virtual lab demonstrations improve students’ mastery of basic biology laboratory techniques. Journal of Microbiology & Biology Education, *10*, 51-57 doi: <https://doi.org/10.29333/ejmste/85036>

Nair, B., Krishnan, R., Nizar, N., Radhamani, R., Rajan, K., Yoosef, A., Sujatha, G., Radhamony, V., Achuthan, K., & Diwakar, S. (2012). Role of ICT-enabled visualization-oriented virtual laboratories in universities for enhancing biotechnology education - VALUE initiative: Case study and impact. *FORMAMENTE, VII*(1-2), 209-226.

Polly, P., Marcus, N., Maguire, D., Belinson, Z., & Velan, G. M. (2014). Evaluation of an adaptive virtual laboratory environment using western blotting for diagnosis of disease. *BMC Medical Education*, *14*, 222. doi: <https://doi.org/10.1186/1472-6920-14-222> Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrovic, V. M., & Jovanovich, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers and Education*, 95, 309–327. doi: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002 Raineri, D. (2001). Virtual laboratories enhance traditional undergraduate biology laboratories. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *29*(4), 160–162. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1539-3429.2001.tb00107.x>

Schnotz, W., & Lowe, R. (2003). External and internal representation in multimedia learning. *Learning and Instruction,* 13, 117–123. doi: https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00015- 4

Shegog, R., Lazarus, M. M., Murray, N. G., Diamond, P. M., Sessions, N., & Zsigmond, E. (2012). Virtual transgenic: Using a molecular biology simulation to impact student academic achievement and attitudes. *Res. Sci. Educ*., 42, 875-890. doi: <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9216-7>

Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34, 1337–1370. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>

Spernjak, A., & Sorgo, A. (2017). Differences in acquired knowledge and attitudes achieved with traditional, computer-supported and virtual laboratory biology laboratory exercises. *Journal of Biological Education*. doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1298532>

Spernjak, A., & Sorgo, A. (2009) Perspectives on the introduction of computer-supported real laboratory exercises into biology teaching in secondary schools: Teachers as part of the problem. In: Lamanauskas V., editor. Challenges of Science, Mathematics, and Technology Teacher Education in Slovenia (Problems of Education in the 21st Century, vol. 14) Siauliai: Scientific Methodological Center Scientia Educologica, 135–143

Nugraha, Riyan. (2015). Penerapan Metode Pembelajaran Bauran (Blended Learning) Dengan Media Blog Dalam Pembelajaran Menulis Teks Cerpen. Universitas Pendidikan Indonesia

Spira, Jonathan B. Goldes, David M. (2007). Information Overload We Have Met The Enemy And He Is Us.Basex, Inc .

Grant Ramsay. 2001. Teaching and Learning With Information and Communication Technology: Succes Through a Whole School.

Thurlow,et al. (2004). Computer Mediated Communication -Social Interaction and The Internet: Sage Publication.

Wu, C. (2006). Blogs in TEFL: A new promising vehicle. US-China Education Review.

Harry E. Keller dan Edward E. Keller, Making Real Virtual Labs, *The Science Education Review*, Vol 4, no 1 2005, h. 4.

Lawrence O. Flowers, Investigating the Effectiveness of Virtual Laboratories in an Undergraduate Biology Course, *The Journal of Human Resource and Adult Learning*, Vol. 7, no 2,2011, h. 110.

Huda Mohammad Babateen, The role of Virtual Laboratories in Science Education,*IACSIT Press*, Vol. 12, no 2, 2011, h. 102.

Dewi Salma Prawiradilaga, *Wawasan Teknologi Pendidikan*, (Jakarta: KENCANAPrenada Media Group, 2012), h. 272.

Abramov, V., Kugurakova, V., Rizvanov, A., Abramskiy, M., Manakhov, N., Evstafiev, M., & Ivanov, D. (2016). Virtual biotechnological lab development*. BioNanoScience, 7*(2), 363– 365. doi: <https://doi.org/10.1007/s12668-016-0368-9>

Spernjak, A., & Sorgo, A. (2017). Differences in acquired knowledge and attitudes achieved with traditional, computer-supported and virtual laboratory biology laboratory exercises. *Journal of Biological Education*. doi: <https://doi.org/10.1080/00219266.2017.1298532>.