

## **PENERAPAN LABORATORIUM VIRTUAL ELEKTROFORESIS GEL DAN POLIMERASE CHAIN REACTION (PCR) SEBAGAI PENGGANTI PRAKTIKUM RIIL**

**Yuyun Maryuningsih<sup>1</sup>, Budi Manfaat<sup>2</sup>, Riandi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi T-IPA Biologi IAIN Syekh Nurjati Cirebon*

<sup>2</sup>*Program Studi T- Matematika IAIN Syekh Nurjati Cirebon*

<sup>3</sup>*Program studi Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung*

### **Abstract**

The purpose of learning Genetics, especially in practical activities, one of which is that the practitioner can understand DNA separation techniques and understand the regulation of gene expression, by conducting gel electrophoresis practicum activities. Students' ability to understand gel electrophoresis needs to be trained in genetic practicum. Some LPTKs are constrained not to have a gel electrophoresis practicum device, for this reason, it is necessary to seek a substitute practicum to meet the learning objectives. Virtual laboratory is one of the solutions in an effort to meet learning objectives to be appropriate. This electrophoretic virtual lab and PCR are implemented experimentally in the practice of students who are taking courses in genetics and practicum. The virtual lab report value data is tested differently with real practicum with the assumption of practicum report value with the same variant and with the hypothesis of virtual lab practicum report value and real practicum is not significantly different. The test data on the difference in the value of the practicum report between the real and virtual report value with the t test different test shows that the report value of practicum virtual lab and real practicum is not significantly different, this shows that virtual lab can be used as a substitute for real practicum on gel electrophoresis practicum.

Keywords: Virtual Laboratory Electrophoresis gel

### **Abstrak**

Tujuan pembelajaran Genetika terutama dalam kegiatan praktikum salah satunya adalah praktikan dapat memahami teknik pemisahan DNA dan memahami regulasi ekspresi gen, dengan melakukan kegiatan praktikum elektroforesis gel. Kemampuan siswa dalam memahami elektroforesis gel perlu dilatihkan pada praktikum genetika. Beberapa LPTK terkendala tidak memiliki perangkat praktikum elektroforesis gel, untuk itu, perlu diupayakan praktikum pengganti demi memenuhi tujuan pembelajaran. Virtual laboratorium merupakan salah satu solusi sebagai upaya memenuhi tujuan pembelajaran agar sesuai. Virtual lab elektroforesis dan PCR ini diimplementasikan secara eksperimental pada praktikan mahasiswa yang mengampu mata kuliah genetika dan praktikum. Data nilai laporan virtual lab diuji beda dengan praktikum real dengan asumsi nilai laporan

praktikum dengan varian yang sama dan dengan hipotesis nilai laporan praktikum virlab dan praktikum real tidak berbeda secara signifikan. Data uji perbedaan nilai laporan praktikum antara nilai laporan real dan virtual dengan uji beda t test menunjukkan bahwa nilai laporan praktikum virlab dan praktikum real tidak berbeda signifikan, hal ini menunjukkan bahwa virlab dapat digunakan sebagai pengganti praktikum real pada praktikum elektroforesis gel.

**Kata kunci:** Laboratorium virtual Elektroforesis gel

## **PENDAHULUAN**

Dalam pembelajaran genetika dibutuhkan inovasi baik dalam proses pembelajaran atau dalam kegiatan praktikum. Aktivitas pembelajaran yang dilakukan mahasiswa dengan menggunakan inovasi pembelajaran seperti media-media pembelajaran, dapat meningkatkan aktivitas pembelajaran dan literasi pada pembelajaran sains (Carver, 2014). Terdapat beberapa manfaat yang diperoleh dengan menggunakan laboratorium virtual adalah: 1) Mengurangi keterbatasan waktu, jika tidak ada cukup waktu untuk mengajari seluruh siswa di dalam laboratorium hingga mereka paham. 2) Mengurangi hambatan geografis, jika terdapat siswa atau mahasiswa yang berlokasi jauh dari pusat pembelajaran (kampus). 3) Ekonomis, tidak membutuhkan bangunan laboratorium, alat-alat dan bahan-bahan seperti pada laboratorium konvensional. 4) Meningkatkan kualitas eksperimen, karena memungkinkan untuk diulang untuk memperjelas keraguan dalam pengukuran di laboratorium. 5) Meningkatkan efektivitas pembelajaran, karena siswa atau mahasiswa semakin lama menghabiskan waktunya dalam laboratorium virtual tersebut berulang-ulang. 6) Meningkatkan keamanan dan keselamatan, karena tidak berinteraksi dengan alat dan bahan yang nyata.

Kegiatan real praktikum di laboratorium lebih baik dalam hal memfasilitasi keterampilan aktivitas laboratorium pada siswa, tetapi bagaimana kenyataannya bila perangkat elektroforesis tidak semua dimiliki oleh LPTK? Untuk itu perlu dikembangkan Laboratorium virtual sebagai media pembelajaran berbasis komputer sebagai salah satu solusi untuk mensimulasikan kegiatan percobaan di laboratorium. Laboratorium virtual sebagai salah satu produk inovasi media pembelajaran berbasis komputer dan teknologi dapat diterapkan di sekolah atau LPTK yang telah menerapkan teknologi informasi (IT) dalam proses pembelajarannya. Penggunaan Laboratorium virtual sangat membantu proses pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran pada lembaga Pendidikan dengan fasilitas laboratorium yang kurang memadai dan dapat

menuntut siswa mempunyai sikap ilmiah, keterampilan proses sains dalam menemukan konsep teknik pemisahan senyawa dengan elektroforesis gel tanpa bekerja di laboratorium secara nyata. Laboratorium virtual lebih murah dan aman serta cocok digunakan oleh siswa yang memiliki gaya belajar visual karena siswa dapat mengeksplorasi pengetahuannya ketika melakukan aktivitas laboratorium virtual secara fleksibel sesuai kecepatan dan kebutuhannya (Jian *et al.* 2005, Saleh *et al.* 2009, Dobrzanski & Honysz 2010).

Laboratorium virtual disampaikan dengan bantuan komputer. Komputer dan teknologi memiliki dampak signifikan dalam pembelajaran. Teknologi memiliki arti penting dalam upaya peningkatan hasil belajar siswa dengan mengoptimalkan penggunaan teknologi (Arends 2008). Praktikum yang dilakukan dengan media Laboratorium virtual menjadi lebih menarik dan efektif karena media ini memiliki kelebihan dalam beberapa hal diantaranya adalah penggunaan teknik animasi yang digabungkan dengan program *flash* dapat membuat konsep yang abstrak menjadi lebih konkret sehingga menambah pemahaman konsep, melatih belajar mandiri, membiasakan siswa berpikir kritis dan kreatif, menarik perhatian dan motivasi siswa, dapat disajikan melalui internet atau file, sebagai alat simulasi praktikum yang efisien dan efektif yang melibatkan siswa secara langsung dan siswa lebih memahami konsep sehingga tujuan kegiatan praktikum dapat tercapai.

Kegiatan pendidik yang membelajarkan sains harus seperti seorang saintis (Chen dan Joshua, 2014), dimana siswa memahami bagaimana sains ditemukan. Siswa perlu dilatihkan beberapa keterampilan seorang ilmuwan, yaitu keingintahuan yang tinggi, kejujuran, obyektivitas dan penyelidikan ilmiah serta dapat menyelesaikan masalah-masalah secara ilmiah. Pembelajaran genetika dapat dilaksanakan dengan berbagai pendekatan untuk meningkatkan pemahaman konsep genetika pada siswa serta dapat meningkatkan kemampuan bernalar ilmiah pada siswa (Didem dan Necdet, 2014). Penggunaan virtual pada kegiatan pembelajaran di laboratorium dengan simulasi dengan menggunakan software (White, 2012), melalui kegiatan virtual laboratory ini dapat meningkatkan kemampuan analisis dan interpretasi pada siswa dan siswa lebih mudah memahami genetika. Keterampilan abad 21 dapat ditumbuhkan pada siswa dengan melakukan kegiatan praktikum ekstraksi tumbuhan sebagai kegiatan praktikum yang dapat meningkatkan aktivitas laboratorium pada mahasiswa (Alozie, 2012). Beltz

dkk (2016) membandingkan aktivitas siswa dalam kegiatan praktikum baik praktikum secara virtual, praktikum real dan kombinasi virtual dan real. Didapatkan bahwa terdapat perbedaan yang mencolok antara virtual lab dan real praktikum dimana perbedaan itu pada sikap dan nilai siswa. Perkembangan dunia yang pesat pada era teknologi, maka Alozie (2016) merekomendasikan agar kegiatan secara virtual lab dapat diadopsi untuk dilakukan pada proses pembelajaran di kelas dan praktikum di laboratorium.

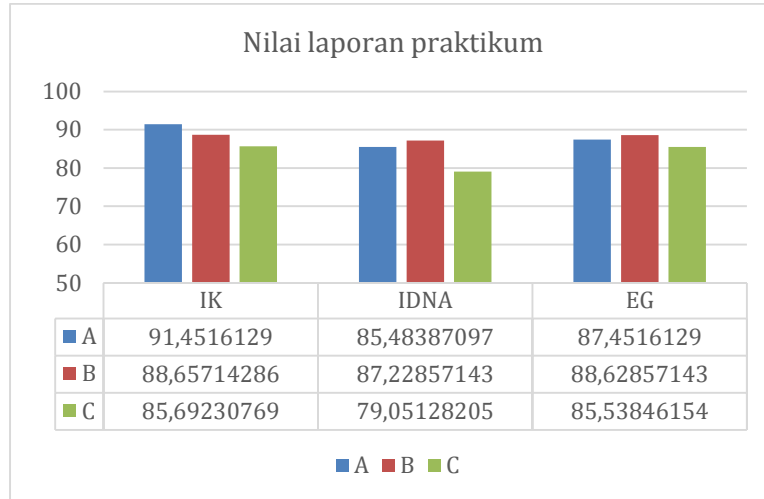
Menurut Sutrisno (2012) Laboratorium virtual atau biasa disebut dengan virtual labs adalah serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak berbasis multimedia interaktif, yang dioperasikan dengan computer dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seolah-olah pengguna berada pada laboratorium sebenarnya. Laboratorium virtual berpotensi untuk memberikan peningkatan secara signifikan dan pengalaman belajar yang efektif.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan secara eksperimental pada praktikum genetika dengan subjek penelitian adalah mahasiswa tingkat tiga semester V yang mengampu mata kuliah genetika dan praktikum yang berjumlah 105 partisipan mahasiswa yang terbagi dalam tiga kelas. Penelitian dilakukan pada laboratorium Genetika Pusat laboratorium Tadris IPA Biologi IAIN Syekh Nurjati Cirebon. Penelitian ini dilakukan pada praktikum genetika dan kegiatan praktikum dilakukan secara eksperimental dengan dua metode praktikum, yaitu praktikum real dan virtual laboratorium. Praktikum real pada dua acara yaitu praktikum indeks kesamaan tumbuhan dan isolasi DNA dan virtual laboratorium pada praktikum elektroforesis gel. Laporan kegiatan praktikum dinilai dengan menggunakan instrumen penilaian yang telah terstandar berdasarkan penilaian laporan praktikum yang telah ditetapkan oleh pusat laboratorium (puslab) Biologi IAIN Syekh Nurjati Cirebon. Data nilai laporan praktikum dari praktikum real dan virtual kemudian diukur homogenitas dan normalitasnya, kemudian dilakukan analisis uji perbedaan rerata nilai laporan praktikum dengan hipotesa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rerata nilai laporan praktikum real dan laporan virtual laboratorium.

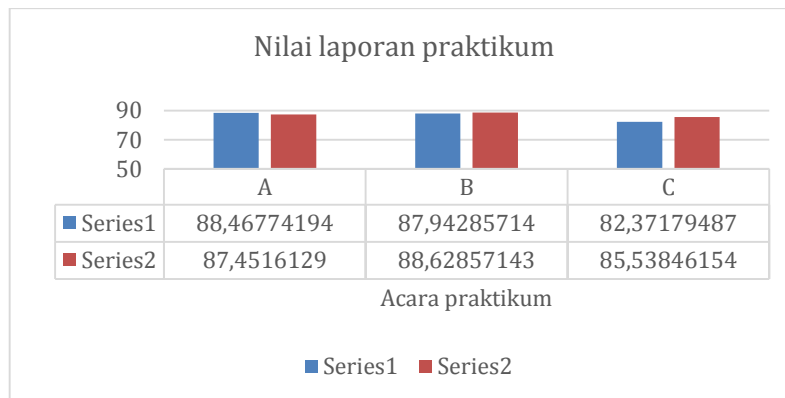
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah grafik nilai laporan praktikum pada tiga kelas dengan tiga acara praktikum, yaitu dua acara praktikum real (indeks kesamaan dan isolasi DNA) dan Laboratorium virtual (Elektroforesis gel).



Gambar 1. Grafik rerata nilai laporan praktikum. IK: Indeks kesamaan; IDNA: Isolasi DNA dan EG: Elektroforesis Gel dan PCR, A, B, C: pengelompokan kelas

Dari gambar 1 terlihat bahwa dua acara praktikum real dan satu acara virtual laboratorium dengan nilai terendah pada kelas C dengan nilai 97.05 pada praktikum isolasi DNA dan nilai tertinggi pada kelas A dengan nilai 91.45 pada praktikum indeks kesamaan. Keduanya merupakan praktikum real. Data nilai praktikum real yang terdiri dari praktikum Indeks kesamaan dan isolasi DNA dibuat rerata sebagai nilai rerata dari praktikum real, yang kemudian dibandingkan dengan nilai virtual laboratorium. Data rerata nilai laporan antara praktikum real dan virtual dijabarkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 5. Grafik rerata nilai laporan praktikum antara real praktikum dan virtual praktikum. Series 1: Praktikum real dan series 2: virtual laboratorium.

Dari gambar 2 terlihat bahwa nilai rerata laporan praktikum pada tiga acara praktikum, yaitu praktikum real yang terdiri dari acara indeks kesamaan dan isolasi DNA serta virtual laboratorium elektroforesis gel tidak terdapat perbedaan nilai yang jauh dimana semuanya berada dalam rentang nilai 80 – 100. Hal ini menunjukkan bahwa virtual praktikum dapat digunakan sebagai pengganti praktikum secara real. Dari gambar 2 dapat terlihat bahwa rerata nilai laporan praktikum pada tiga kelas sudah tinggi, artinya virtual laboratorium elektroforesis dapat digunakan sebagai pengganti real praktikum sehingga tujuan pembelajaran memahami teknik elektroforesis gel dapat tercapai.

Analisis data secara statistik dilakukan untuk mengetahui perbedaan praktikum real dan virtual laboratorium. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah virtual laboratorium elektroforesis gel sebagai upaya memenuhi tujuan pembelajaran dapat menggantikan kegiatan real praktikum? Berikut adalah hasil analisis statistika dengan menggunakan excel setelah diketahui bahwa kedua kelompok data nilai laporan praktikum real dan virtual normal dan homogen. Uji beda dilakukan dengan menggunakan asumsi bahwa variasi dari kedua sampel yaitu Laboratorium virtual dan real praktikum sama.

**Tabel 1. t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances**

	<i>Real Praktikum</i>	<i>Virtual Lab</i>
Mean	86,02857143	87,13333333
Variance	110,4895604	66,48205128
Observations	105	105
Pooled Variance	88,48580586	
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	208	
t Stat	-0,850964684	
P(T<=t) one-tail	0,197883772	
t Critical one-tail	1,652212377	
P(T<=t) two-tail	0,395767544	
t Critical two-tail	1,971434611	

Dari tabel 1 diatas dapat diketahui bahwa nilai P (T<=t) two-tail sebesar 0,395767544 sehingga dapat disimpulkan bahwa laboratorium virtual sama dengan real praktikum sehingga laboratorium virtual dapat digunakan sebagai pengganti kegiatan

praktikum real karena keterbatasan peralatan laboratorium yang tersedia sehingga kegiatan praktikum tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Dari tabel 3 juga ditemukan bahwa varians dari kedua sampel lebih bervariatif sehingga diperlukan uji yang lebih tepat, yaitu uji beda varian yang variatif. Hasil uji dijabarkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

	<i>Real</i>	
	<i>Praktikum</i>	<i>Virtual Lab</i>
Mean	86,02857143	87,13333333
Variance	110,4895604	66,48205128
Observations	105	105
Hypothesized Mean Difference	0	
Df	196	
	-	
t Stat	0,850964684	
P(T<=t) one-tail	0,197913694	
t Critical one-tail	1,65266506	
P(T<=t) two-tail	0,395827389	
t Critical two-tail	1,972141177	

Dari tabel 2 diatas dapat diketahui bahwa nilai P (T<=t) two-tail sebesar 0,395827389 sehingga dapat disimpulkan bahwa virtual lab sama dengan real praktikum sehingga laboratorium virtual dapat digunakan sebagai pengganti kegiatan praktikum real karena keterbatasan peralatan laboratorium yang tersedia sehingga kegiatan praktikum tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Dengan asumsi varian pada kedua sampel berbeda, didapat hasil analisis yang lebih tepat. Dimana varian pada praktikum real lebih variatif sehingga sebaran data lebih heterogen bila dibandingkan dengan virtual lab yang lebih homogen. Hal ini menandakan bahwa praktikan secara utuh memahami konsep elektroforesis gel, walaupun kegiatan praktikum ini dilakukan secara virtual. Hal ini membuktikan bahwa laboratorium virtual dapat digunakan sebagai pengganti real praktikum.

Pengalaman praktis adalah komponen penting dalam pembelajaran materi-materi sains. Terkadang, ada beberapa kendala yang cukup mengganggu seperti waktu, keamanan dan biaya untuk mendirikan laboratorium ilmiah berbasis riset di LPTK. Namun, kendala ini dapat diatasi dengan menggunakan materi pembelajaran dengan menggunakan teknologi berbasis komputer termasuk situs web, paket pembelajaran

komputer, pembelajaran secara virtual, simulasi computer, laboratorium virtual dan penggunaan data sekunder dari artikel yang telah terpublis dari riset-riset ilmiah di laboratorium riset.. Solusi untuk masalah di atas juga bisa dapat ditemukan dalam adaptasi laboratorium virtual, yang bisa dibuktikan sebagai alat pendidikan penting yang berhubungan dengan kurangnya pengalaman praktis dalam pendidikan dan kurang tersedianya alat untuk dilakukan praktikum secara real. Virtual Laboratorium adalah lingkungan realitas yang dibuat virtual dimana mensimulasikan dunia nyata untuk tujuan pembelajaran berbasis penemuan. Hal ini memungkinkan seseorang, untuk mencoba praktikum nyata karena keterbatasan waktu, keselamatan atau biaya di lingkungan dunia nyata dan biasanya banyak digunakan dalam pembelajran sains. Laboratorium virtual dikatakan memiliki nilai yang setara dengan belajar karena cara belajar yang tidak berbeda dan memberi penawaran yang fleksibel dan terbuka untuk lingkungan belajar dan praktikum yang baru. Meskipun Laboratorium virtual tidak identik atau sama dengan laboratorium real, hal ini layak untuk dipertimbangkan untuk diimplementasikan pada beberapa praktikum yang tidak dapat terlaksana karena keterbatasan alat mengingat banyak manfaat yang ditawarkannya. Ada banyak manfaat dari laboratorium virtual, berkenaan dengan waktu, laboratorium virtual dianggap nyaman dan fleksibel.

Dengan menggunakan laboratorium virtual yang mengandalkan simulasi computer daripada bahan kimia dan gelas yang sebenarnya, ini akan memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan dengan aman walaupun mereka sedang belajar di rumah, bersenang-senang, siswa mendapat pelajaran sains pengalaman tanpa benar-benar meletakkan tangan mereka pada apa pun bahan kimia berbahaya dan juga memungkinkan siswa untuk bereksperimen sendiri, bukannya harus mengikuti instruksi dengan kaku, seperti yang mereka lakukan di lab tradisional.

Pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi komputerisasi seperti pembelajaran virtual dan laboratorium virtual, selain merupakan inovasi dalam proses pembelajaran dan aktivitas lab juga dapat meningkatkan beberapa keterampilan seperti keterampilan berpikir kritis, keterampilan meneliti (research skill), prestasi belajar, kreativitas dan sikap ilmiah. Pembelajaran juga dapat meningkatkan interaksi antar siswa, dapat meningkatkan literasi teknologi. Pembelajaran virtual selain dapat meningkatkan keterampilan kritis, dalam laboratorium virtual yang berbasis pada penelitian-penelitian



ilmiah, selain dapat meningkatkan keterampilan meneliti juga dapat meningkatkan sikap ilmiah dan pemecahan masalah.

Laboratorium Virtual adalah serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak (software) komputer berbasis multimedia interaktif, yang dioperasikan dengan komputer dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seakan-akan pengguna berada pada laboratorium sebenarnya. Media dalam proses belajar diartikan sebagai alat-alat grafis, fotografis, atau elektronis untuk menangkap, memproses, dan menyusun kembali informasi visual atau verbal. Setiap sistem pembelajaran yang melakukan peran mediasi, mulai dari pendidik sampai peralatan paling canggih merupakan alat yang berfungsi untuk menyampaikan pesan atau mengantarkan pesan-pesan pembelajaran. Pendapat-pendapat yang diungkapkan oleh para ahli menyatakan bahwa media adalah sebuah sarana yang mampu memberikan sebuah pesan atau informasi kepada orang yang berinteraksi dengan media tersebut. Jika diilustrasikan dalam proses pembelajaran, maka orang yang dimaksud berinteraksi dengan media tersebut adalah siswa. Hal ini bertujuan agar siswa terbantu dengan adanya alat bantu yang berupa media pembelajaran dalam hal ini laboratorium virtual.

Menurut Sutrisno (2012) Laboratorium virtual atau biasa disebut dengan virtual labs adalah serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak berbasis multimedia interaktif, yang dioperasikan dengan computer dan dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium seolah-olah pengguna berada pada laboratorium sebenarnya. Laboratorium virtual berpotensi untuk memberikan peningkatan secara signifikan dan pengalaman belajar yang efektif.

Chen dan Joshua (2014) bahwa mengajarkan sains harus seperti seorang saintis, dimana siswa memahami bagaimana sains ditemukan. Siswa perlu dilatihkan beberapa keterampilan seorang ilmuwan, yaitu keingintahuan yang tinggi, kejujuran, obyektivitas dan penyelidikan ilmiah serta dapat menyelesaikan masalah-masalah secara ilmiah. Didem dan Necdet (2014) bahwa pembelajaran genetika dapat dilaksanakan dengan berbagai pendekatan untuk meningkatkan pemahaman konsep genetika pada siswa serta dapat meningkatkan kemampuan bernalar ilmiah pada siswa, sementara White (2012) mengatakan bahwa penggunaan virtual pada kegiatan pembelajaran di laboratorium dengan cara simulasi dengan menggunakan software. Kegiatan virtual laboratory ini dapat meningkatkan kemampuan analisis dan interpretasi pada siswa dan

siswa lebih mudah memahami genetika.

Dewasa ini sesuai dengan trend pembelajaran millennium yang disebut dengan pembelajaran abad 21, dalam beberapa pendapat para ahli, pentingnya suatu cara, metode atau model untuk membekalkan keterampilan abad 21. Alozie (2012) mengatakan bahwa keterampilan literasi abad 21 dapat ditumbuhkan pada siswa dengan melakukan kegiatan praktikum ekstraksi tumbuhan sebagai kegiatan praktikum yang dapat meningkatkan aktivitas lab pada mahasiswa. Beltz dkk (2016) membandingkan aktivitas siswa dalam kegiatan praktikum baik praktikum secara virtual, praktikum real dan kombinasi virtual dan real. Didapatkan bahwa terdapat perbedaan yang mencolok antara virtual lab dan real praktikum dimana perbedaan itu pada sikap dan nilai siswa. Perkembangan dunia yang pesat pada era teknologi, maka Alozie (2016) merekomendasikan agar kegiatan secara virtual laboratorium dapat diadopsi untuk dilakukan pada proses pengajaran di kelas.

Pembelajaran dan praktikum secara virtual banyak direkomendasikan untuk memenuhi tujuan pembelajaran (Adi dkk, 2016; Autri et al, 2009; Chandra dkk, 2016, Gunawan, 2015; Ketchut, 2010), begitu pula halnya pada pembelajaran genetika, yaitu pada pokok bahasan ekspresi gen, pembelajaran dengan konsep Elektrofesis gel (Cunningham, 2006), dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis (Bakti, 2013; Haynes, 2016; Rasyida, 2015), research skill (Bortnik, 2017), sikap ilmiah (Pambudi, 2016; Rasyida, 2015; penelitian ilmiah (Nirwana, 2011; Ratih, 2011), dan pemecahan masalah (Gunawan, 2015), sehingga atas dasar ini penulis mengembangkan perangkat praktikum secara virtual dengan menggunakan software adobe flash pada materi elektrofesis gel dan PCR pada praktikum genetika, untuk memenuhi tujuan pembelajaran memahami siswa mengetahui cara dan metode elektrofesis gel dan PCR. Pengembangan ini menggunakan desain DDR sesuai dengan Ellis (2010) mengingat desain ini merupakan desain yang tepat untuk mengembangkan alat (*tool*) dalam suatu pembelajaran.

Menurut Ferreira (dalam Stefani, 2012) ada beberapa manfaat yang diperoleh dengan menggunakan laboratorium virtual adalah: 1. Mengurangi keterbatasan waktu, jika tidak ada cukup waktu untuk mengajari seluruh siswa di dalam lab hingga mereka paham. 2. Mengurangi hambatan geografis, jika terdapat siswa atau mahasiswa yang berlokasi jauh dari pusat pembelajaran (kampus). 3. Ekonomis, tidak membutuhkan

bangunan laboratorium, alat-alat dan bahan-bahan seperti pada laboratorium konvensional. 4. Meningkatkan kualitas eksperimen, karena memungkinkan untuk diulang untuk memperjelas keraguan dalam pengukuran di laboratorium. 5. Meningkatkan efektivitas pembelajaran, karena siswa atau mahasiswa akan semakin lama menghabiskan waktunya dalam laboratorium virtual tersebut berulang-ulang. 6. Meningkatkan keamanan dan keselamatan, karena tidak berinteraksi dengan alat dan bahan yang nyata.

Kelebihan menggunakan media laboratorium virtual antara lain: 1) Keselamatan, dengan pembelajaran menggunakan laboratorium virtual keselamatan siswa terjamin karena tidak bereksperimen secara langsung. Hal ini menguntungkan apabila dilakukan penelitian dengan zat yang berbahaya. 2) Dapat memperluas pengalaman siswa, karena memberikan kesempatan untuk menjelajah tempat di dunia yang tidak mungkin di dunia nyata. Misalnya pembuatan nuklir, proses gunung meledak, dan kehidupan di ruang angkasa. 3) Kesempatan untuk menyelidiki, memberikan kesempatan siswa untuk bereksperimen dengan simulasi pada lingkungan sekitar. Keterbatasan penggunaan media virtual: 1) Siswa kurang dapat dinilai aspek psikomotornya, misalnya apakah mereka dapat memegang atau menggunakan pipet tetes dengan benar. 2) Belum bisa digunakan pada daerah yang minim teknologi / akses internet.

Berbagai literatur dan pengalaman telah menunjukkan bahwa metode pengajaran yang mempromosikan agar siswa aktif belajar, seperti pendekatan berbasis inkuiri, lebih efektif daripada yang bergantung pada pasif belajar. Gel elektroforesis, salah satu teknik laboratorium yang paling umum dalam molekul biologi, memiliki berbagai aplikasi dalam ilmu kehidupan. Karena itu, kami memilihnya sebagai platform untuk mengekspos mahasiswa sarjana untuk proses aktif penyelidikan ilmiah yang telah dilakukan di Indonesia, sementara secara khusus tujuan dari pembelajaran dengan praktikum secara virtual ini adalah mengajarkan elektroforesis dan PCR. Mahasiswa praktikan belajar dasar dan prinsip-prinsip praktis elektroforesis, sambil mengalami proses berbasis penyelidikan penting mengoptimalkan teknik, dan mereka juga menikmatinya. Temuan kami menyediakan akses mudah, murah, dan teknik yang menarik untuk mengajarkan elektroforesis dan optimalisasi progresif dari teknik laboratorium. Pada penelitian ini masih terdapat kelemahan, dimana data hasil elektroforesis merupakan data sekunder yang didapatkan dari artikel ilmiah yang telah

terpublish, untuk itu perlu dilakukan pengembangan dan revisi kembali yaitu dengan menggunakan data primer yang didapatkan peneliti secara pribadi dengan melakukan elektroforesis gel secara real praktikum di laboratorium.

Melalui pembelajaran multimedia dalam bentuk laboratorium virtual, secara umum mempunyai manfaat yang dapat diperoleh adalah proses pembelajaran menjadi lebih menarik, lebih interaktif, jumlah waktu belajar dapat dikurangi, kualitas belajar dapat ditingkatkan dan proses belajar mengajar dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja. Selain itu, melalui laboratorium virtual, bisa dilakukan penghematan biaya riset, serta riset-riset yang dahulu tidak mungkin dilakukan, karena keterbatasan pengkondisian sistem, saat ini telah bisa dilakukan (Reismeiyanto, 2008). Pada proses pembelajaran dengan laboratorium virtual, banyak siswa yang kurang memahami tujuan yang harus dicapai karena hanya main tombol saja. Pada saat melakukan praktikum.

Dari hasil penelitian yang didapatkan oleh penulis, sejalan dengan pendapat bahwa pembelajaran secara virtual (Adi, 2016; Aubrie, 2009; Bakti, 2013; Bakti, 2013; Bortnik, 2017; Chandra, 2016; Fitriyana, 2013; Gunawan, 2015; Hamida, 2013; Jacobson, 2015; Ketelhut, 2010; Kusdiastuti, 2016; Murniza, 2010; Pambudi, 2016; Ratih, 2011; Ratri, 2013; Smith, 2008, Totiana, 2012, Simbolon, 2015) merupakan pembelajaran yang dapat dilakukan untuk konsep yang abstrak, seperti yang dipilih oleh penulis yaitu elektroforesis gel yang merupakan turunan dari konsep utama regulasi ekspresi gen, dilakukan dengan terlebih dahulu dengan mengembangkan perangkat virtual lab sesuai dengan tujuan pembelajaran (Chandra, 2016, Gunawan, 2015, Jimenez, 2012, Mthethwa, 2015, Twyla, 2014) dimana hal ini bertujuan pula untuk dapat memudahkan mahasiswa dalam melakukan aktivitas lab (Alozie 2012, Ceylan, 2016) seperti mahasiswa praktikan dapat bekerja dan berpikir layaknya seorang saintis (Chen, 2014), sehingga pengembangan program virtual lab elektroforesis gel (Cunningham, 2006) dalam pembelajaran dan praktikum genetika (White, 2012). Hal ini dilakukan untuk mencapai tujuan pembelajaran genetika (Didem, 2014, Klein, 2014) sehingga diperlukan desain program dalam pembelajaran genetika (Liu, 2014) dimana dalam pembelajaran genetika ditemukan berbagai kesulitan belajar genetika (Jacobson, 2015) diantaranya adalah mengkonkretkan beberapa konsep yang abstrak salah satunya adalah konsep regulasi ekspresi gen. Dengan pembelajaran dan praktikum secara virtual, diharapkan dan didapatkan mahasiswa memiliki kemampuan literasi teknologi (Ejikeme

2016), keterampilan berpikir kritis (Bakti. 2013, Hamida. 2013, Kusdiastuti 2016, Lai, 2011, Rasyida, 2015 dan Ratih. 2011), research skill ( (Bortnik, 2017; Bortnik. 2017), prestasi belajar (Fitriyana. 2013, Simbolon. 2015), pemecahan masalah (Gunawan, 2015), kreativitas (Hamida. 2013; Haynes, 2016), interaktif (Haynes, 2016), sikap ilmiah (Pambudi. 2016; Rasyida, 2015; Ratih. 201), penelitian ilmiah (Murniza, 2010, Ratih. 2011).

## **SIMPULAN**

Laboratorium virtual Elektroforesis gel dapat digunakan sebagai pengganti praktikum real dan laboratorium virtual ini dapat meningkatkan rerata nilai laporan praktikum siswa sehingga siswa memahami secara utuh bagaimana teknik pemisahan DNA dan pengukuran fragmen DNA seperti praktikum real pada lab riset.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Widi Cahya, Suratno, Mochammad Iqbal. 2016. Pengembangan *Virtual Laboratory* Sistem Ekskresi dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Mahasiswa SMA. *Jurnal Pendidikan Sains* Vol. 4, No. 4
- Alozie N.M., David J. G. and Mary O. D. 2012. Promoting 21st-Century Skills in the Science Classroom by Adapting Cookbook Lab Activities: The Case of DNA Extraction of Wheat Germ. *The American Biology Teacher*, Vol. 74, No. 7 (pp. 485-489)
- Aubrie E. Swan & Angela M. O'Donnell. 2009. The contribution of a virtual biology laboratory to college students' learning, *Innovations in Education and Teaching International*, 46:4, 405-419, DOI: 10.1080/14703290903301735
- Bakti Ena Marsutji Setia, Suparmi, Widha Sunarno. 2013. Pembelajaran biologi melalui metode eksperimen dengan laboratorium riil dan laboratorium virtual ditinjau dari kemampuan berpikir kritis dan gaya belajar mahasiswa. *Jurnal Inkuiri*. Vol 2, No 3
- Beltz, D., Desharnais, R., Narguizian, P., & Son, J. 2016. Comparing Physical, Virtual, and Hybrid Flipped Labs for General Education Biology. *Online Learning* 20 (3) 228 - 243.
- Bortnik Boris, Natalia Stozhko, Irina Pervukhina, Albina Tchernysheva and Galina Belysheva. 2017. Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices. *Journal of Research in Learning Technology* Vol. 25
- Bortnik Boris, Natalia Stozhko, Irina Pervukhina, Albina Tchernysheva and Galina Belysheva. 2017. Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices. *Research in Learning Technology* Vol. 25.
- Ceylan ŞEN, Gülşah SEZEN VEKLİ. 2016. The Impact of Inquiry Based Instruction on Science Process Skills and Self-efficacy Perceptions of Pre-service Science Teachers at a University Level Biology Laboratory. *Universal Journal of Educational Research* 4(3)
- Chandra Adi Prabowo, Ibrohim, Murni Saptasari. 2016. Pengembangan modul pembelajaran inkuiri berbasis laboratorium virtual. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*. Volume: 1 Nomor: 6
- Chen Y.C. Joshua S. 2014. *Arguing Like a Scientist: Engaging Students in Core Scientific Practices*. *Journal of The American Biology Teacher*, 76(4):231-237. Published by: National Association of Biology Teachers.
- Cunningham Steven C., Brad McNear, Rebecca S. Pearlman, and Scott E. Kern. 2006. Beverage-Agarose Gel Electrophoresis: An Inquiry-based Laboratory Exercise

with Virtual Adaptation. *CBE—Life Sciences Education*. Vol. 5, 281–286.

Didem K. & Necdet S. 2014. Students' understanding of genetics concepts: the effect of reasoning ability and learning approaches, *Journal of Biological Education*, 48:2, 63-70.

Ejikeme A.N. dan Helen N. Okpala. 2016. Promoting Children's learning through technology literacy: challenges to school librarians in the 21st century. *Journal Educ Inf Technol*

Fitriyana Dyah Nur, Sri Retno Dwi Ariani dan Bakti Mulyani. 2013. Pengaruh pembelajaran kimia dengan metode student team achievement division (STAD) yang dilengkapi eksperimen laboratorium riil dan virtual terhadap prestasi belajar pada materi pokok koloid ditinjau dari kemampuan memori mahasiswa kelas XI SMAN 8 Surakarta. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, Vol. 2 No. 3

Gunawan, Ahmad Harjono, Hairunnisyah Sahidu. 2015. Studi pendahuluan pada upaya pengembangan laboratorium virtual bagi calon guru fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi* (ISSN. 2407-6902) Volume I No 2

Hamida Naba, Bakti Mulyani, dan Budi Utami. 2013. Studi komparasi penggunaan laboratorium virtual dan laboratorium riil dalam pembelajaran student team achievement division (STAD) terhadap prestasi belajar ditinjau dari kreativitas mahasiswa pada materi pokok system koloid kelas XI semester genap SMAN 1 Banyudono. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, Vol. 2 No. 2

Haynes A, Elizabeth L, Michele G, Barry S. and Kevin H. 2016. Moving Beyond Assessment to Improving Students' Critical Thinking Skills: A Model for Implementing Change. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, Vol. 16, No. 4, August 2016, pp.44-61.

Jacobson M.J., Taylor C. E. & Richards D. 2015. Computational scientific inquiry with virtual worlds and agent-based models: new ways of doing science to learn science, *Interactive Learning Environments*.

Jime'nez M. P, Aleixandre. 2012. *Determinism and Underdetermination in Genetics: Implications for Students' Engagement in Argumentation and Epistemic practices*. *Journal Sci & Educ*.

Ketelhut D J. & Nelson B.C. 2010. Designing for real-world scientific inquiry in virtual environments, *Educational Research*, 52:2, 151-167

Knippels M. Christine P J, Arend J. W. and Kerst Th Boersma. 2005. Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education* 39(3)

Kusdiastuti Mahesti, Ahmad Harjono, Hairunnisyah Sahidu, Gunawan. 2016. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Berbantuan Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*

(ISSN. 2407-6902) Volume II No 3

- Lai Emily R. 2011. Critical Thinking: A Literature Review, Research Report. <http://www.pearsonassessments.com/>
- Liu O.L, Lois F. & Katrina C. R. 2014. Assessing Critical Thinking in Higher Education: Current State and Directions for Next-Generation Assessment. *Educational Testing Service*.ETS Research Report No. RR-14-10.
- McElhinny Teresa L, Michael J. Dougherty, Bethany V. Bowling, Julie C. Libarkin. 2012. The Status of Genetics Curriculum in Higher Education in the United States: Goals and Assessment. *Sci & Educ*.
- Mthethwa E K., Gilbert O. O. & Rian de Villiers. 2015. Exploring Biology Teachers' Pedagogical Content Knowledge in the Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms, *International Journal of Science Education*, 37:7, 1140-1165.
- Murniza Muhamad, Halimah Badioze Zaman and Azlina Ahmad. 2010. Virtual Laboratory for Learning Biology – A Preliminary Investigation, World Academy of Science, Engineering and Technology, *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering* Vol:4, No:11.
- Nirwana R. R. 2011, Pemanfaatan laboratorium virtual dan E-Reference dalam proses Pembelajaran dan penelitian ilmu kimia, *Jurnal Phenomenon*, Volume 1 Nomor 1.
- Pambudi Teguh, Sri Mulyani, dan Agung Nugroho C. 2016. Pengaruh Pembelajaran Kimia dengan model learning cycle 5E menggunakan laboratorium real dan virtual ditinjau dari sikap ilmiah terhadap prestasi belajar mahasiswa pada materi pokok hidrolisis garam kelas XI MIPA SMA negeri 3 Surakarta. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, Vol. 5 No. 1
- Rasyida Nisa, Fransisca S T, Didik P. 2015. Efektivitas Pengembangan praktikum virtual untuk meningkatkan kemampuan berpoikir kritis dan sikap ilmiah mahasiswa SMA pada konsep Metagenesis tumbuhan lumut dan paku. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2015, yang diselenggarakan oleh Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang, tema: "Peran Biologi dan Pendidikan Biologi dalam Menyiapkan Generasi Unggul dan Berdaya Saing Global"*.
- Ratih Rizqi Nirwana. 2011. Pemanfaatan laboratorium virtual dan e-reference dalam proses pembelajaran dan penelitian ilmu kimia. *Jurnal PHENOMENON*, Volume 1 Nomor 1.
- Ratri Argandi, Kus Sri Martini, dan Agung Nugroho Catur Saputro. 2013. Pembelajaran kimia dengan metode inquiry terbimbing dilengkapi dengan kegiatan laboratorium



real dan virtual pada pokok bahasan pemisahan campuran. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, Vol. 2 No. 2

Salm Twyla. 2014. Action research to improve collaboration among Student Support Services teams. *Journal Educational Action Research*, Vol. 22, No. 1, 93–108

Simbolon D.H. 2015. Pengaruh model Pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis eksperimen riil laboratorium virtual terhadap hasil belajar fisika. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, Vol. 21, Nomor 3.

Smith Michelle K., William B. Wood, and Jennifer K. Knight. 2008. The Genetics Concept Assessment: A New Concept Inventory for Gauging Student Understanding of Genetics. *CBE—Life Sciences Education*. Vol. 7, 422–430.

Timchalk Charles, Nigel J. Walker, Reinhold C. Mann, and F. Blaine Metting. 2001. The Virtual Body Workshop: Current and Future Application of Human Biology Models in Environmental Health Research. *Environmental Health Perspectives*. Vol 109

Totiana Fian, Elfi Susanti VH, Tri Redjeki. 2012. Efektivitas model pembelajaran creative problem solving (CPS) yang dilengkapi media pembelajaran laboratorium virtual terhadap prestasi belajar mahasiswa pada materi pokok koloid kelas XI IPA SMAN 1 Karanganyar. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPK)*, Vol. 1 No. 1