

# Analisis Hakikat, Peran, dan Implikasi Kegiatan Laboratorium Terhadap Keterampilan Abad 21

Adam Malik<sup>1</sup>, Yudi Dirgantara<sup>2</sup>, Diah Mulhayatiah<sup>3</sup>, Rena Denya Agustina<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, adammalik@uinsgd.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, yudidirgantara@uinsgd.ac.id

<sup>3</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung,  
diahmulhayatiah@uinsgd.ac.id

<sup>4</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, renadenya@uinsgd.ac.id

## Abstrak

Kegiatan laboratorium menjadi karakteristik utama dalam pembelajaran fisika. Tujuan penulisan paper ini membahas hakikat kegiatan laboratorium; jenis kegiatan laboratorium; nilai dan kompetensi kegiatan laboratorium; peran, peluang dan tantangan kegiatan laboratorium dalam pembelajaran abad 21; hasil, dampak dan implikasi penelitian terkait kegiatan laboratorium terhadap peningkatan keterampilan abad 21 dan pembelajaran sains. Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan sebagai metode dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan kegiatan laboratorium baik *real* maupun *virtual* menjadi kunci dalam peningkatan kualitas pembelajaran fisika. Kegiatan laboratorium *real* dan *virtual* memiliki kelebihan dan keterbatasan. Kedua jenis kegiatan laboratorium dapat melatih dan mengembangkan keterampilan *mind on* dan *hand on*. Hasil penelitian sangat merekomendasikan kegiatan laboratorium dalam pembelajaran sains untuk membekalkan keterampilan abad 21. Oleh karena itu, guru dan siswa harus bekerjasama dan berkolaborasi dalam melaksanakan kegiatan laboratorium.

**Kata kunci:** kegiatan laboratorium; *real*; *virtual*; keterampilan abad 21

## 1 Pendahuluan

Pandemi Covid 19 telah merubah tatanan dan sektor kehidupan manusia yang memiliki mobilitas tinggi. Setiap orang dianjurkan untuk menahan diri tinggal dan berdiam diri di rumah. Walaupun terpaksa keluar rumah harus melakukan *social distancing* untuk memutus mata rantai penyebaran Covid 19. Sektor pendidikan juga tidak luput terkena imbas dengan adanya pandemi covid 19 ini. Siswa dan guru melakukan pembelajaran secara tidak langsung dengan bertatap muka di kelas. Berbagai cara dilakukan agar pembelajaran tetap berlangsung diantaranya secara online dengan menggunakan berbagai aplikasi yang mempermudah komunikasi diantara siswa dan guru.

Pembelajaran sains termasuk didalamnya fisika harus tetap dilaksanakan dengan tidak meninggalkan ciri khasnya walaupun dimasa pandemi covid 19 ini. Roh pembelajaran yang menjadi karakteristik utama sains (fisika) adalah melakukan penyelidikan terutama berkaitan dengan fenomena alam baik bersifat makroskopik maupun mikroskopik. Fisika sebagai ilmu alam ditetapkan berdasarkan observasi dan eksperimen. Banyak hukum pengetahuan fisika diperoleh melalui penalaran ilmiah, induksi dan generalisasi berdasarkan observasi dan eksperimen (Shi et al., 2020). Pembelajaran fisika tidak hanya memaparkan atau bercerita tentang suatu hal layaknya pembelajaran sejarah. Disisi lain, pembelajaran fisika tidak terjerumus hanya melakukan penurunan perumusan matematis dan menyelesaikan soal dengan

formula matematis. Pembelajaran fisika harus berorientasi penyelidikan. Kegiatan laboratorium dengan orientasi penyelidikan bertujuan memperkuat pengalaman belajar siswa (Feisel & Rosa, 2005; White, 1996).

Kegiatan laboratorium sangat urgen dalam kurikulum fisika dan direkomendasikan untuk diimplementasikan dalam pembelajaran fisika (Wilcox & Lewandowski, 2017). Para ahli juga menyatakan kegiatan laboratorium dapat meningkatkan kualitas pembelajaran sains (fisika). Kompetensi siswa yang dapat dilatih dan dikembangkan dari kegiatan laboratorium mencakup keterampilan yang bersifat *mind on* maupun *hand on* (Wilcox & Lewandowski, 2016). Oleh karena itu, selayaknya guru dan siswa harus saling bekerjasama dan berkolaborasi dalam menyiapkan dan melaksanakan berbagai kegiatan laboratorium.

Penelitian sebelumnya mayoritas memaparkan dampak dari kegiatan laboratorium baik *real* maupun *virtual laboratory* terhadap peningkatan berbagai keterampilan siswa. Novelty dari penelitian ini membahas berbagai hal terkait dengan kegiatan laboratorium secara komprehensif. Paper ini bertujuan memaparkan tentang hakikat kegiatan laboratorium; jenis kegiatan laboratorium; nilai dan kompetensi dari kegiatan laboratorium; peran kegiatan laboratorium dalam pembelajaran abad 21; peluang dan tantangan kegiatan laboratorium dalam peningkatan keterampilan abad 21 siswa; hasil penelitian terkait kegiatan laboratorium untuk peningkatan keterampilan abad 21 siswa; dan dampak dan implikasi hasil penelitian kegiatan laboratorium terhadap pembelajaran sains. Pembahasan tentang berbagai hal terkait kegiatan laboratorium secara komprehensif dipaparkan dengan menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif.

## **2 Metodologi**

Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif. *Library research*, *systematic literature review*, dan studi pustaka dari berbagai paper yang publish diberbagai jurnal merupakan teknik yang digunakan dalam penelitian ini. Hal ini bertujuan untuk mendukung pembahasan dampak dan implikasi hasil penelitian terkait kegiatan laboratorium dalam melatih dan mengembangkan berbagai keterampilan abad 21 siswa.

## **3 Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian dan pembahasan terkait kegiatan laboratorium dipaparkan dari hasil *library research*, *systematic literature review*, dan studi pustaka dari berbagai jurnal dideskripsikan dalam sub bab berikut.

### **3.1. Hakikat kegiatan laboratorim**

Kegiatan laboratorium pada mulanya merupakan kegiatan yang dilakukan oleh ilmuwan untuk menemukan hukum, konsep, asas, prinsip atau teori. Seiring perkembangan pengetahuan dan tuntutan pedagogic, kegiatan laboratorium diadopsi sebagai metode dalam pembelajaran. Kegiatan laboratorium didorong untuk menggunakan pendekatan saintifik yang berorientasi pada pelatihan, pembekalan dan peningkatan tiga aspek yang meliputi *attitude*, *knowledge* dan *skills* (Wenning, 2011a).

Paradigma pembelajaran yang bersifat tradisional memandang kegiatan laboratorium bertujuan untuk membuktikan kebenaran informasi yang disampaikan guru ketika bertatap muka di kelas (Balodah et al., 2016). Guru dianggap sebagai sumber segala informasi yang bertugas mentransfer pengetahuan ke siswa. Kegiatan laboratorium dilaksanakan setelah kegiatan

pembelajaran di kelas. Guru biasanya menganut pandangan dikotomi yang mengungkapkan pembelajaran di kelas terpisah dengan kegiatan di laboratorium. Kegiatan laboratorium yang bersifat tradisional memiliki keterbatasan. Siswa harus hadir di laboratorium untuk melaksanakan kegiatan laboratorium. Siswa harus melakukan langkah demi langkah sesuai petunjuk praktikum yang telah ditentukan. Fokus kegiatan hanya pada pengembangan kemampuan bereksperimen siswa (Wilcox & Lewandowski, 2018; Wieman, 2015; Hofstein & Lunetta, 2004).

Perubahan paradigma ke pembelajaran modern menuntut siswa untuk menemukan konsep dan mengkonstruksi pengetahuannya sendiri. Siswa dituntut untuk aktif dalam pembelajaran. Sebaliknya, guru beralih peran menjadi mediator dan fasilitator yang mendorong siswa menjadi pusat pembelajaran (Wenning, 2011b). Kegiatan laboratorium beralih dari dikotomi menjadi terintegrasi dalam kegiatan tatap muka di kelas sebagai salah satu metode pembelajaran. Kegiatan laboratorium digunakan sebagai metode pembelajaran yang berorientasi pada penyelidikan yang menuntun siswa ke arah penemuan untuk memahami berbagai konten pengetahuan fisika (Tobin, 2018; Fan et al., 2018).

### **3.2. Jenis kegiatan laboratorium**

Desain isi dan aktivitas kegiatan laboratorium berbeda-beda disesuaikan dengan peran, tujuan dan orientasi dari kegiatan laboratorium dalam pembelajaran (Trumper, 2003). Peran dan orientasi kegiatan laboratorium dalam pembelajaran sains (fisika) terdiri dari: (1) peran untuk memverifikasi informasi yang telah disampaikan di kelas; (2) peran untuk melatih keterampilan praktis siswa dilakukan pada saat dan terpisah dari pembelajaran tatap muka di kelas; (3) peran sebagai metode pembelajaran untuk menumbuhkan pemahaman konsep dilakukan pada saat kegiatan inti dalam pembelajaran tatap muka; (4) peran untuk menguatkan dan mengayakan pemahaman materi fisika serta pembekalan *higher order thinking skills* dilakukan setelah pembelajaran tatap muka di kelas (Wilcox & Lewandowski, 2017; Wieman and Holmes, 2015; Zwickl et al., 2013; Millar, 2004).

Kegiatan laboratorium terdiri dari dua jenis yaitu *real laboratory* dan *virtual laboratory*. *Real laboratory* merupakan kegiatan pengamatan langsung menggunakan peralatan dan benda-benda yang nyata. Menurut Luneta (1998) kegiatan siswa di laboratorium dapat dijadikan sebagai pengalaman dalam mengamati interaksi antar benda di alam semesta. *Real laboratory* memfasilitasi siswa untuk mempelajari berbagai fenomena alam secara langsung dengan menggunakan peralatan sebenarnya sesuai dengan kenyataan.

Seiring dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, peralatan yang digunakan dalam kegiatan *real laboratory* juga mengalami perkembangan. Peralatan yang digunakan mulai dari Kotak Instrumen Terpadu (KIT) (Malik et al., 2019), alat dan bahan yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari (Malik et al., 2019), alat yang berbiayai murah (Mulhayatiah et al., 2019) sampai penggunaan sensor (Setya et al., 2019).

Kelebihan menggunakan kegiatan *real laboratory* diantaranya terdapat peningkatan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains, meningkatkan keterampilan kooperatif dan kolaborasi, menilai kemampuan siswa dalam aspek kognitif, afektif, psikomotorik, dan keterampilan berpikir, memahami dan menggunakan metode ilmiah secara langsung, mendapatkan visualisasi nyata sehingga menimbulkan banyak rasa ingin tahu ketika praktikum, feedback dan evaluasi relatif lebih cepat (Estriegana et al., 2019; Bivall et al., 2011).

Kegiatan *real laboratory* memiliki beberapa kekurangan dan keterbatasan diantaranya konsep abstrak tidak dapat digambarkan secara jelas, proses dan pelaksanaan membutuhkan waktu yang lama, mobilitas dan jangkauan terbatas pada waktu dan tempat, membutuhkan biaya yang mahal dalam hal pembelian, pengadaan dan pemeliharaan peralatan untuk percobaan, (Estriegana et al., 2019; Tiwari & Singh, 2011).

*Virtual laboratory* merupakan bentuk digital dari fasilitas dan proses-proses laboratorium yang dapat disimulasikan secara digital (Tiwari & Singh, 2011). *Virtual laboratory* menyajikan serangkaian peralatan laboratorium, algoritma, dan peralatan lainnya untuk mensimulasikan kegiatan di laboratorium. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan siswa untuk berinteraksi dalam pembelajaran, *virtual laboratory* dapat berisikan materi, video, gambar, dan simulasi sehingga membuat siswa tidak hanya memahami teori yang abstrak dengan cara praktikum secara virtual (Thees et al., 2020).

Beberapa software dan aplikasi yang digunakan dalam kegiatan *virtual laboratory* diantaranya *phet simulation* yang berisi berbagai simulasi yang terkait dengan pembelajaran sains dan dapat diakses secara gratis <http://PhET.colorado.edu>. *Virtual laboratory* dapat memanfaatkan aplikasi yang terdapat pada smart phone (Nuryantini et al., 2018; Arista & Kuswanto, 2018). Para peneliti juga telah mengembangkan *virtual laboratory* menggunakan software dan aplikasi untuk menjelaskan materi tertentu (Potkonjak et al., 2016; Susanti et al., 2018; Suhendi et al., 2018).

*Virtual laboratory* memiliki beberapa kelebihan jika digunakan dalam kegiatan laboratorium diantaranya: lebih bermanfaat untuk menjelaskan konsep yang abstrak, proses pembelajaran lebih menarik, lebih interaktif dan fleksibel dalam memanfaatkan ruang dan waktu, kualitas eksperimen dapat ditingkatkan, lebih ekonomis, meningkatkan pengalaman praktis dan pemecahan masalah, meningkatkan motivasi, pemahaman dan hasil belajar, meningkatkan keamanan dan keselamatan, dan mobilitas dan jangkauan bebas dan luas (Potkonjak et al., 2016; Chien et al., 2015; Brinson, 2015; Ekmekci & Gulacar, 2015; Hermansyah et al, 2015, Chan & Fok, 2009; Saleh et al., 2009)

Selain memiliki kelebihan *virtual laboratory* juga memiliki keterbatasan diantaranya kurang melatih aspek psikomotorik, keberhasilan pembelajaran bergantung pada kemandirian siswa, bergantung sarana dan prasarana yang tersedia, menimbulkan respon negatif jika siswa tidak memahami cara menggunakannya (Estriegana et al., 2019; Alneyadi, 2019).

Setiap jenis kegiatan laboratorium memiliki kelebihan dan keterbatasan. Perbedaan *real laboratory* dan *virtual laboratory* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 perbedaan real laboratory dan virtual laboratory

No	Aspek	<i>Real Laboratory</i>	<i>Virtual Laboratory</i>
1	Pengertian	Eksperimen yang dilaksanakan dalam bentuk sebenarnya dengan menggunakan benda dan peralatan yang nyata	Bentuk digital dari fasilitas dan proses-proses laboratorium yang dapat disimulasikan secara digital.
2	Persiapan	Persiapan praktikum yang harus dilakukan diantaranya: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengetahui kelengkapan apa saja yang harus disiapkan</li> <li>- Menyiapkan alat dan bahan</li> </ul>	Persiapan praktikum yang harus dilakukan diantaranya: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyiapkan komputer beserta kelengkapannya</li> <li>- Menginstal <i>software</i> terkait materi praktikum</li> </ul>

No	Aspek	<i>Real Laboratory</i>	<i>Virtual Laboratory</i>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengetahui zat dan alat yang dapat membahayakan keselamatan</li> <li>- Memahami prosedur percobaan</li> <li>- Terampil dalam menggunakan peralatan laboratorium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memahami penggunaan <i>software</i> dan prosedur percobaan</li> <li>- Menguasai konsep materi</li> <li>- Terampil dalam menggunakan komputer</li> </ul>
3	Peralatan	Menggunakan peralatan nyata seperti: KIT, bahan dan alat dalam kehidupan sehari-hari, sensor	Menggunakan seperangkat komputer dan <i>hand phone</i> beserta aplikasi <i>softwarena</i>
4	Pelaksanaan	Pelaksanaan kurang efektif dan kondusif karena biasanya dilakukan secara berkelompok	Pelaksanaan lebih efektif dan kondusif karena dapat dilakukan secara mandiri
5	Waktu	Cukup lama	Relatif cepat
6	Tempat	Memerlukan ruangan yang luas	Tidak terlalu memerlukan ruangan yang luas
7	Mobilitas dan jangkauan	Dapat diakses secara terbatas	Dapat diakses secara bebas kapan dan dimanapun
8	Biaya	Membutuhkan biaya yang relatif mahal untuk pembelian, pengadaan dan pemeliharaan peralatan	Membutuhkan biaya mahal sebagai investasi awal dalam membuat sebuah <i>software</i> tetapi biaya pemeliharaan dan pengadaan yang banyak lebih murah
9	Sifat	Bersifat nyata melalui pengamatan langsung dengan melihat dan berhadapan dengan benda-benda nyata saat praktikum	Bersifat pengamatan tidak langsung dihadapkan dengan perangkat komputer atau <i>hand phone</i> yang berisi <i>software</i> saat praktikum.
10	Konsep abstrak	Tidak dapat digambarkan secara jelas	Dapat digambarkan secara jelas melalui pemodelan
11	Proses dan hasil belajar	Domain sikap, pengetahuan dan keterampilan dapat dilatihkan dan dikembangkan	Domain sikap dan pengetahuan dapat dilatihkan dan dikembangkan tetapi keterampilan kurang terlatih secara optimal
12	Aspek penilaian	Menilai kemampuan dalam aspek afektif, psikomotorik, dan keterampilan berpikir	Hanya dapat menilai kemampuan dalam aspek kognitif dan keterampilan berpikir
13	Keamanan	Relative kurang aman karena pengamatan langsung	Aman karena pengamatan tidak langsung

### 3.3. Nilai dan kompetensi kegiatan laboratorium

Kegiatan laboratorium sebagai bagian dari aktivitas pembelajaran, peran dan fungsinya dapat dioptimalkan untuk penanaman sikap ilmiah, penguatan dan pengayaan pengetahuan dan pembekalan keterampilan (Zwickl et al., 2013) Kegiatan laboratorium membimbing siswa sepanjang hidupnya untuk termotivasi dalam mengembangkan pengetahuan dan kemampuan melalui pengalaman terlibat secara langsung. Pengalaman ini akan terekam dalam memori jangka panjang siswa dan relatif lebih tahan lama (Olabode et al., 2018).

Kegiatan laboratorium dalam konteks pendidikan di era revolusi industri 4.0 memiliki sasaran diantaranya menanamkan nilai dan sikap ilmiah, memahami dan memperkuat konsep, melatih dan mengembangkan kompetensi, menumbuhkan motivasi dan rasa senang terhadap sains, dan meningkatkan keterampilan berpikir untuk diaplikasikan dalam konteks kehidupan. Selain itu, kegiatan laboratorium menyediakan peluang bagi siswa bereksperimen seperti halnya ilmuwan (Tores et al., 2013; Shi et al., 2020).

Kegiatan laboratorium dapat memberikan pelatihan, pengembangan, dan peningkatan berbagai kompetensi siswa. Beberapa kompetensi hasil pembelajaran yang dapat dibangun dan dikembangkan dari kegiatan laboratorium diantaranya menumbuhkan minat, sikap, kepuasan, keterbukaan dan keinginan tahu terhadap sains; mengembangkan pemikiran inovatif dan *problem solving*; mempromosikan pemikiran dan metode ilmiah; mengembangkan pemahaman konseptual dan kemampuan intelektual; meningkatkan keterampilan bereksperimen; menumbuhkan keterampilan inkuiri sains yang dapat ditransfer dalam pemecahan masalah; membantu siswa memahami sifat tentatif dari teori dan model ilmiah; membantu siswa menghargai dan meniru peran para ilmuwan (Kapici et al., 2019; Husnaini & Chen, 2019; Wilcox & Lewandowski, 2017; Holmes & Bonn, 2015; Wieman & Holmes, 2015; Hofstein & Lunetta, 2004).

### **3.4. Peran kegiatan laboratorium dalam pembelajaran abad 21**

Laboratorium salah satu sarana pendidikan yang dapat digunakan sebagai tempat berlatih. Siswa dapat mengadakan kontak dengan obyek yang dipelajari secara langsung baik melalui pengamatan, maupun dengan melakukan percobaan. Kegiatan laboratorium selalu menghasilkan berbagai informasi ilmiah baru yang berasal dari hasil-hasil penemuan para peneliti. Siswa dapat dapat mengkontruksi maupun memverifikasi berbagai teori ilmiah melalui penyelidikan di laboratorium (Suhendi et al., 2018)

Peningkatan keterampilan bereksperimen merupakan salah satu tujuan terselenggaranya kegiatan laboratorium. Peranan kegiatan laboratorium bagi siswa adalah untuk dibekalkan keterampilan proses sains, dilatihkan *higher order thinking skills*, dan ditanamkan sikap ilmiah. Keseluruhan peran tersebut harus dimiliki oleh siswa sebagai kompetensi pada abad 21 ini (Emda, 2017).

Kegiatan kerja ilmiah dikembangkan dengan pemberian pengalaman belajar secara langsung baik melalui *real laboratory* maupun *virtual laboratory* melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses sains. (Malik, 2015). Saat ini, kegiatan laboratorium perannya dapat dioptimalkan dan diperluas, selain sebagai metode pengembangan keilmuan, dapat juga dijadikan metode pembekalan dalam meningkatkan keterampilan abad 21 dan literasi sains. Keterampilan abad 21 dan literasi sains merupakan dua kompetensi yang dibutuhkan setiap orang dalam menghadapi peluang dan tantangan di abad 21 ini.

### **3.5. Peluang dan tantangan kegiatan laboratorium dalam peningkatan keterampilan abad 21**

Kegiatan laboratorium baik sebagai metode pembelajaran yang berorientasi mengkontruksi pengetahuan maupun yang bersifat pengayaan di luar tatap muka di kelas memiliki potensi dalam melatih dan mengembangkan keterampilan abad 21 yang termasuk *soft skills* maupun *hard skills*.

Namun tidak semua kegiatan laboratorium memiliki potensi untuk membekalkan keterampilan abad 21. Konten dan aktivitas harus disusun dan didesain dengan mengacu pada aspek-aspek keterampilan abad 21. Pembelajaran abad 21 menuntut agar siswa memiliki kompetensi yang perlu untuk diaplikasi dalam kontek kehidupan nyata. Terdapat lima skills yang harus dimiliki oleh siswa. Pertama, *critical thinking and problem-solving skill* dapat dilatihkan dengan memberikan tugas melakukan pemecahan masalah. Siswa dihadapkan pada masalah yang memuat pilihan penyelesaian.

Kedua, *creativity and innovative skill* dapat dilatihkan dengan memberikan tugas untuk menyelesaikan masalah. Siswa diberikan masalah yang memuat keterbatasan dan dituntut untuk memberikan alternative jawaban (Malik et al., 2017).

Ketiga, *communication and collaborative skill* dapat dilatihkan dengan memberikan tugas menganalisis data menggunakan multirepresentatif, mempresentasikan hasil kegiatan laboratorium dan dikerjakan secara berkelompok. Siswa melakukan analisis data hasil percobaan dengan cara didiskusikan secara berkelompok untuk dipresentasikan hasilnya.

Keempat, *information and communication technology literacy* diintegrasikan ke dalam pembelajaran laboratorium. Hal ini menjadikan pembelajaran tidak tergantung pada *real laboratory* yang terbatas, tetapi kita dapat memanfaatkan *virtual laboratory* sebagai sarana pembelajaran (Sujanem, 2019).

Kelima, *contextual learning skill* diimplementasikan dalam kegiatan laboratorium. Materi yang sifatnya nyata dapat menggunakan *real laboratory*, sedangkan materi abstrak menggunakan *virtual laboratory* (Nanto, 2017).

### **3.6. Hasil penelitian terkait kegiatan laboratorium untuk peningkatan keterampilan abad 21**

Beberapa hasil penelitian menunjukkan kegiatan laboratorium dapat melatih, mengembangkan, meningkatkan dan menanamkan *skills* dan *attitude of scientific*. Hasil penelitian Emda (2017) menunjukkan kegiatan laboratorium dapat meningkatkan pemahaman dan kompetensi dalam bereksperimen. Kegiatan *real laboratory* yang dikombinasikan dengan tugas mandiri dapat memberikan pengaruh positif terhadap keterampilan kinerja siswa (Susilawati, 2015).

Selayaknya setiap sekolah harus menyediakan laboratorium beserta peralatan yang memadai. Tetapi kenyataannya, terdapat banyak sekolah yang tidak memiliki fasilitas laboratorium untuk digunakan dalam kegiatan *real laboratory*. Penggunaan media menjadi jalan keluar atas permasalahan tersebut (Rusman, 2012).

*Virtual laboratory* dapat dijadikan sebagai media alternatif dalam kegiatan laboratorium. Siswa dapat mengakses dan berinteraksi layaknya *real laboratory* (Hawkins, 2013). Hasil penelitian menunjukkan *virtual laboratory* dapat meningkatkan *critical thinking skills* siswa (Fonna et al., 2013). *Virtual laboratory* tidak selamanya memberikan dampak positif. Jika kegiatan *virtual laboratory* tidak dirancang sebaik mungkin, maka akan terjadi penurunan keterampilan proses sains siswa (Beichner, 1990).

Oleh karena itu, kegiatan laboratorium dapat mengkombinasikan antara *real* dan *virtual laboratory*. Beberapa penelitian yang menggabungkan kedua jenis kegiatan laboratorium tersebut dapat meningkatkan keterampilan proses sains, berpikir kritis, kreatif dan komunikasi (Hamdani, 2014; Makiyah et al., 2019)

### **3.7. Dampak dan implikasi hasil penelitian kegiatan laboratorium terhadap pembelajaran sains**

Hasil penelitian tentang penggunaan kegiatan laboratorium telah banyak dilakukan. Keberhasilan pembelajaran fisika salah satunya ditentukan dengan adanya kegiatan

laboratorium dengan tujuan melakukan penyelidikan. Kegiatan *real* maupun *virtual laboratory* dapat meningkatkan ketiga ranah hasil belajar yang terdiri dari afektif, kognitif dan psikomotorik (Jumaini, 2014).

Namun demikian, kegiatan laboratorium yang memiliki potensi strategis dalam menunjang pencapaian ketiga ranah hasil pembelajaran, pada kenyataannya di lapangan masih banyak diabaikan. Banyak factor yang menghambat kegiatan laboratorium belum menjadi metode utama dalam pembelajaran fisika diantaranya: kemampuan guru dalam menyelenggarakan praktikum; kemampuan guru dalam mempersiapkan segala sesuatu untuk kepentingan kegiatan praktikum; ketersediaan sarana dan prasarana; tidak ada teguran/peringatan/sanksi yang diberikan kepada guru yang tidak menggunakan metode praktikum dalam pembelajaran; guru dan siswa merasa tidak penting melakukan pembelajaran dengan metode praktikum, karena yang diukur masih sebatas kemampuan kognitif.

Dampak dari terbiasanya penggunaan laboratorium baik yang bersifat *real laboratory* maupun *virtual laboratory* adalah membentuk kinerja dan karakter ilmiah baik dalam setiap proses maupun hasil. Pembekalan kinerja dan karakter ilmiah dapat mendukung keterampilan keterampilan yang diperlukan di abad 21.

#### **4 Simpulan**

Kami telah berhasil melakukan penelitian terkait analisis hakikat, peran dan implikasi kegiatan laboratorium terhadap keterampilan abad 21 dengan menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif. Kegiatan laboratorium tetap harus dilaksanakan walupun pada masa pandemi covid 19 karena merupakan kegiatan kunci dalam kurikulum dan pembelajaran fisika. Kegiatan laboratorium baik *real laboratory* maupun *virtual laboratory* dapat melatih dan mengembangkan keterampilan *mind on* dan *hand on*. Kegiatan laboratorium memiliki peran yang sangat strategis dalam pembelajaran abad 21 untuk meningkatkan *higher order thinking skills* untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi peluang dan tantangan di era revolusi industri 4.0. Dengan demikian, guru dan siswa hendaknya harus melaksanakan kegiatan laboratorium baik secara *real laboratory* dengan memanfaatkan berbagai bahan dan peralatan yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari dan berbiaya murah. Selain itu, dapat melaksanakan kegiatan laboratorium dengan *virtual laboratory* dengan menggunakan berbagai aplikasi dan *software* yang telah tersedia diinternet maupun di *smart phone*.

#### **Referensi**

- Alneyadi, S. S. (2019). Virtual lab implementation in science literacy: emirati science teachers' perspectives. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2019, 15(12), 1-10.
- Arista, F. S., & Kuswanto, H. (2018). Virtual physics laboratory application based on the android smartphone to improve learning independence and conceptual understanding. *International Journal of Instruction*, 11(1), 1-16.
- Baladiah, S. M., Elgamal, A. F., & Abas, H. A. (2016). Virtual lab to develop achievement in electronic circuits for hearing-impaired students. *Education and Information Technologies*, 22(5), 2071–2085
- Beichner, R. (1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematic lab. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 803-815.
- Bivall, P., Ainsworth, S., & Tibell, L. A. E. (2011). Do haptic representations help complex molecular learning? *Science Education*, 95,700-719.



- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218–237.
- Chan, C., & Fok, W. D. (2009). Evaluating learning experiences in virtual laboratory training through student perceptions: A case study in electrical and electronic engineering at the university of hong kong. *Engineering Education*, 4(2),70–75.
- Chien, K. P., Tsai, C. Y., Chen, H. L., Chang, W. H., & Chen, S. (2015). Learning differences and eye fixation patterns in virtual and physical science laboratories. *Computers & Education*, 82, 191-201.
- Ekmekci, A., & Gulacar, O. (2015). A case study for comparing the effectiveness of a computer simulation and a hands-on activity on learning electric circuits. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(4), 765–775.
- Emda, A. (2017). Laboratorium sebagai sarana pembelajaran kimia dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kerja ilmiah. *Lantanida Journal*, 5(1), 83-92.
- Fan, X., Geelan, D., & Gillies, R. (2018). Evaluating a novel instructional sequence for conceptual change in physics using interactive simulations. *Education Sciences*, 8(1), 29.
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *ASEE Journal of Engineering Education*, 94(1), 121–130.
- Fonna, Musreza, M., Adlim, S., & Ali, M. (2013). Perbedaan keterampilan berpikir kritis siswa melalui penerapan media pembelajaran laboratorium *virtual* pada konsep sistem pernapasan manusia di sma negeri unggul sigli. *Jurnal Biotik*, 1(2), 67-136
- Hamdani. (2014). Penerapan kombinasi *virtual* dan *real lab* untuk meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa. *Pena Kreatif*, 1(2), 23-30.
- Hawkins, I. (2013). *Virtual Lab versus Tradisional Laboratory : which is more effective for teach electrochemistry?*. *Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy*, in Math and Science Education of Middle Tennessee State University.
- Hermansyah, Gunawan, & Herayanti, L. (2015). pengaruh penggunaan laboratorium *virtual* terhadap penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kreatif siswa pada materi getaran dan gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(2), 97-102
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Holmes, N. G., & Bonn, D. A. (2015). Quantitative comparisons to promote inquiry in the introductory physics lab. *The Physics Teacher*, 53, 352–355.
- Husnaini, S., & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1),010119.
- Jumaini, S. (2014). Pengembangan instrumen penilaian aspek psikomotorik pada praktikum kimia sma/ma kelas xi materi pokok factor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi berdasarkan standar isi 2006. *Skripsi Thesis*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Kapici, H., Akcay, H., & de Jong, T. (2019). Using hands-on and virtual laboratories alone or together –Which works better for acquiring knowledge and skills? *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 231–250.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and centers for contemporary teaching. Dalam B. J. Fraser & K. G. Tobin (Penyunting), *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Malik, A., Hasanah, U., Agustina, R. D., & Zakwandi, R. 2019. Which one is better hands on or phet simulation on harmonic oscillation? *Edusains*. 11(2), 264-278.
- Malik, A., Hakiki, M. A., Imiyati, N., Kurnia, P., Zakwandi, R., Setya, W., & Chusni, M. M. 2019. Analysis characteristics of viscosity coefficient using viscometer stromer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4) 044085.

- Malik, A., Setiawan, A., Suhandi, A., & Permanasari, A. (2017). Enhancing pre-service physics teachers' creative thinking skills through hot lab design. *AIP Conference Proceedings*, 1868(1), p. 070001.
- Malik, A., Handayani, W., & Nuraini, R. (2015). Model praktikum problem solving laboratory untuk meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa. *Prosiding SNIP ITB Bandung Juni 2015*, pp. 193-196
- Makiyah, Y. S., Malik, A., Susanti, E., & Mahmudah, I. R. (2019). Higher order thinking real and virtual laboratory (hotrvl) untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 mahasiswa pendidikan fisika. *Diffraction*, 1(1), 34-38.
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science, high school science laboratories: Role and vision, National Academy of Sciences. Washington, DC.
- Mulhayatiah, D., Ningsih, R. F., Suhendi, H. Y., Nasrudin, D., & Yuningsih, E. K. (2019). TUMPULS teaching aids as an alternative media for physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4), 044088.
- Nanto, D., Aini, A. N., & Mulhayatiah, D. (2017). Android worksheet application based on discovery learning on students' achievement for vocational high school: Mechanical behavior of materials topics. *AIP Conference Proceedings*, 1848(1), 050006
- Nuryantini, A. Y., Sawitri, A., & Nuryadin, B. W. (2018). Constant speed motion analysis using a smartphone magnetometer. *Physics Education*, 53(6), 065021.
- Olusola, D. Y., Kayode, F. O., & Sunday, A. O. (2018). Relative effectiveness of e-laboratory and real laboratory in improving students' performance in secondary school practical biology in ondo state. *International Journal of Innovation and Research in Educational Sciences*, 5(1), 104-109.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrovic, V. M., et al. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Rusman, K. D. (2012). *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi*. Jakarta: Rajawali Press.
- Estriegana, R., Medina-Merodio, J., & Barchino, R. (2019). Student acceptance of virtual laboratory and practical work: An extension of the technology acceptance model. *Computers & Education*, 135, 1-14.
- Saleh, K. F., Mohamed, A. M., & Madkour, H. (2009). Developing virtual laboratories environments for engineering education. *International Journal of Arts and Sciences*, 3(1), 9-17.
- Setya, W., Ramadhana, A., Putri, H. R., Santoso, A., Malik, A., & Chusni, M. M. (2019). Design and development of measurement of measuring light resistance using Light Dependent Resistance (LDR) sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4), 044102.
- Shi, W. Z., Ma, L., & Wang, J. (2020). Effects of inquiry-based teaching on Chinese university students' epistemologies about experimental physics and learning performance. *Journal of Baltic Science Education*, 19(2), 289-297.
- Suhendi, H. Y., Mulhayatiah, D., Anjani, R., Ramdani, M. A., & Ardiansyah, R. (2018). HATRAVY: a virtual laboratory of heat transfer concept in microscopic form. *Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1), p. 012288.
- Suhendi, H. Y., Mulhayatiah, D., Yuningsih, E. K., Malik, A., Fauziah, R., & Ardiansyah, R. (2018). Development of student worksheet based on a scientific approach for rotational dynamics concept. *Proceedings of the International Conference on Islamic Education (ICIE 2018)*, 261, pp. 102-106. Atlantis Press.

- Sujanem, R., Sutarno, E., & Gunadi, I. G. A. (2019). Pelatihan dan pendampingan pembuatan media simulasi praktikum ipa smp dengan program simulasi phet. *International Journal of Community Service Learning*, 3(1), 11-17.
- Susanti, S., Mahen, E. C. S., & Nuryantini, A. Y. (2018). Preliminary study of software tracker usage to analyze inhibitory style on free fall movie events. In *MATEC Web of Conferences*, 197, p. 02012.
- Susilawati, S. R. (2015). Pembelajaran *real laboratory* dan tugas mandiri fisika pada siswa smk sesuai dengan keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 73-83.
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108(1), 106316-1-11.
- Tiwari, R., & Singh, K. (2011). Virtualisation of engineering discipline experiments for an internet-based remote laboratory. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(4), 671-692.
- Tobin, R. G. (2018). Do active learning approaches in recitation sections improve student performance? A case study from an introductory mechanics course. *The Physics Teacher*, 56(1), 36-39.
- Tores, T., Milicic, B., Soto, C. & Sanjosé, V. (2013). Generating students' information seeking questions in the scholar lab: What benefits can we expect from inquiry teaching approaches? *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 9(3), 259-272.
- Trumper, R. (2003). The physics laboratory-a historical overview and future perspectives, *Sci. Educ.* 12, 645.
- Wenning, C.J. (2011a). Experimental inquiry in introductory physics courses. *J. Phys. Tchr. Educ. Online*, 6(2), 1-8.
- Wenning, C.J. (2011b). The levels of inquiry model of science teaching. *J. Phys. Tchr. Educ. Online*, 6(2), 9-16.
- White, R.T. 1996. The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*. 18(7), 761-774.
- Wieman, C. (2015). Comparative cognitive task analyses of experimental science and instructional laboratory courses. *The Physics Teacher*, 53(6), 349-351.
- Wieman, C., & Holmes, N. G. (2015). Measuring the impact of an instructional laboratory on the learning of introductory physics. *American Journal of Physics*, 83(11), 972-978.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2018). A summary of research-based assessment of students' beliefs about the nature of experimental physics. *American Journal of Physics*, 86(3), 212-219.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2017). Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: Insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010108-1-9.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2016). Open-ended versus guided laboratory activities: Impact on students' beliefs about experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*, 12(2), 020132-1-8.
- Zwickl, B. R., Finkelstein, N & Lewandowski, H. J. (2013). The process of transforming an advanced lab course: Goals, curriculum, and assessments, *Am. J. Phys.*, 81, 63.
- Zwickl, B. M., Hirokawa, T., Finkelstein, N., & Lewandowski, H. J. (2014). Epistemology and expectations survey about experimental physics: Development and initial results. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(1), 010120.

## Biografi Penulis

	<p>Nama: Dr. Adam Malik, M.Pd Jabatan Fungsional: Lektor NIP: 198210112011011006 NIDN: 2011108201 Tempat Tanggal Lahir: Cirebon, 11 Oktober 1982 Email: <a href="mailto:adamalik@uinsgd.ac.id">adamalik@uinsgd.ac.id</a> Riwayat Pendidikan: S1 Pendidikan Fisika UNJ S2 Pendidikan IPA UPI S3 Pendidikan IPA UPI</p>
	<p>Nama: Drs. Yudi Dirgantara, M.Pd Jabatan Fungsional: Lektor Kepala NIP: 196712151994031006 NIDN: 2015126701 Tempat Tanggal Lahir: Tasikmalaya, 15 Desember 1967 Email: <a href="mailto:yudidirgantara@uinsgd.ac.id">yudidirgantara@uinsgd.ac.id</a> Riwayat Pendidikan: S1 Tadris Bidang IPA IAIN Sunan Gunung Djati Bandung S2 Pendidikan IPA UPI</p>
	<p>Nama: Diah Mulhayatiah, S.Si, M.Pd Jabatan Fungsional: Lektor NIP: 197903082008012016 NIDN: 20090379001 Tempat Tanggal Lahir: Rangkasbitung, 9 Maret 1979 Email: <a href="mailto:diahmulhayatiah@uinsgd.ac.id">diahmulhayatiah@uinsgd.ac.id</a> Riwayat Pendidikan: S1 Fisika Unpad S2 Pendidikan IPA UPI</p>
	<p>Nama: Rena Denya Agustina, M.Si Jabatan Fungsional: Lektor NIP: 198308252015032002 NIDN: 2025088301 Tempat Tanggal Lahir: Sumedang, 25 Agustus 1983 Email: <a href="mailto:renadenya@uinsgd.ac.id">renadenya@uinsgd.ac.id</a> Riwayat Pendidikan: S1 Fisika ITB S2 Fisika ITB</p>