



## Keefektifan penerapan laboratorium virtual (PhET) Berbasis STEM dan keterampilan penyelesaian masalah

**S I Laila**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya 60231, Indonesia

siti.17030184085@mhs.unesa.ac.id

**Abstrak.** Penerapan pembelajaran jarak jauh (daring) sebagai upaya pencegahan penyebaran covid-19 di seluruh dunia berdampak pada jutaan pelajar, tidak terkecuali di Indonesia. Dalam pembelajaran secara *online* saat ini tentunya akan mempengaruhi akademik siswa dalam proses belajar mengajar. Dengan begitu banyak pula suatu media pembelajaran yang telah ada serta dapat digunakan dalam pembelajaran *online* salah satunya yaitu Laboratorium Virtual (PhET). Laboratorium Virtual (PhET) merupakan salah satu alternatif solusi pelengkap atas permasalahan yang terjadi saat ini. Dengan menggunakan metode penelusuran pustaka, artikel ini akan memaparkan kelebihan penggunaan Laboratorium Virtual (PhET) secara *online* dalam proses keterampilan penyelesaian masalah. Keterampilan penyelesaian masalah disini kemampuan siswa untuk menemukan solusi melalui suatu proses yang melibatkan pemerolehan dan pengorganisasian informasi. Hasil dari penelusuran pustaka ini akan berkontribusi pada pengembangan strategi pembelajaran berbasis daring.

### 1. Pendahuluan

Di dunia saat ini sedang maraknya wabah *coronavirus*. *Coronavirus* merupakan suatu kelompok virus yang menyebabkan penyakit mulai dari gejala ringan sampai berat seperti batu pilek hingga yang lebih serius seperti Middle East Respiratory Syndrome (MERS) dan Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS). *Coronavirus Diseases 19* (COVID 19) merupakan penyakit jenis baru yang belum teridentifikasi sebelumnya pada manusia. Dengan adanya virus COVID-19 di Indonesia saat ini berdampak bagi seluruh masyarakat. Pada tanggal 24 Maret 2020 Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia mengeluarkan Surat Edaran Nomor 4 Tahun 2020 Tentang Pelaksanaan Kebijakan Pendidikan dalam Masa Darurat Penyebaran COVID, dalam Surat Edaran tersebut dijelaskan bahwa segala kegiatan di dalam dan di luar ruangan di segala sektor sementara waktu ditunda demi mengurangi penyebaran covid-19 terutama pada bidang pendidikan. Untuk proses belajar mengajar tetap dilaksanakan, namun proses pembelajaran kali ini di lakukan di rumah melalui pembelajaran jarak jauh atau daring. Belajar secara daring atau jarak jauh dapat difokuskan pada pendidikan kecakapan hidup antara lain mengenai pandemik Covid-19 [1].

*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) mengakui bahwa wabah covid-19 telah berdampak besar terhadap sektor pendidikan. Sejak pemerintah mengumumkan kasus covid-19 di Indonesia, masyarakat dihimbau untuk menerapkan *social distancing*, di mana semua kegiatan seperti bekerja, belajar serta beribadah dilakukan di rumah dalam upaya pencegahan penyebaran covid-19. Namun, sistem pembelajaran tatap muka di kelas di rubah menjadi pembelajaran

dalam jaringan atau daring agar proses belajar mengajar tetap berlangsung sehingga hak peserta didik dalam belajar terpenuhi. Dalam menyikapi kondisi tersebut, guru dituntut untuk mampu menyajikan pembelajaran secara daring. Pembelajaran daring merupakan salah satu tantangan di era industri 4.0. pendidikan di era industri 4.0 merupakan pendidikan yang bercirikan terhadap pemanfaatan suatu teknologi digital dalam proses pembelajaran [2].

Pembelajaran daring yang saat ini dilakukan merupakan salah satu bentuk inovasi pendidikan untuk menjawab tantangan akan ketersediaan sumber belajar yang variatif. Di mana suatu keberhasilan dari suatu model ataupun media pembelajaran tergantung pada karakteristik pribadi peserta didik. Sebagaimana yang telah diungkapkan oleh Nakayama bahwa dari semua literature dalam *e-learning* menunjukkan bahwa tidak semua peserta didik sukses dalam pembelajaran *online*. Hal ini dikarenakan faktor lingkungan dalam belajar serta karakteristik pribadi peserta didik [3].

Salah satu tujuan pembelajaran fisika mencakup aspek pemahaman konsep serta pelatihan dan pengembangan kinerja ilmiah [4]. Pemahaman konsep serta penerapan konsep fisika didapat siswa dari sumber-sumber pembelajaran seperti buku bacaan, informasi guru dan media pembelajaran seperti internet maupun dari web dan situs yang lain. Sedangkan pelatihan dan pengembangan kinerja ilmiah didapat siswa dari kegiatan praktikum (eksperimen), peran praktikum sangat penting untuk melatih keterampilan proses, karena sains terbentuk dan berkembang melalui suatu proses ilmiah. Oleh karena itu, pemerintah menerapkan aturan Permendiknas No. 41 tahun 2007 bahwa dalam pelaksanaan pembelajaran seharusnya guru memfasilitasi peserta didik melakukan percobaan di laboratorium [5]. Namun dalam kondisi saat ini yang mengharuskan peserta didik belajar secara daring atau jarak jauh, kegiatan praktikum (eksperimen) yang seharusnya dilakukan di laboratorium dapat dialihkan dengan kegiatan praktikum secara tidak langsung atau menggunakan laboratorium virtual (PhET).

PhET merupakan simulasi yang dibuat oleh University of Colorado yang berisi simulasi pembelajaran sains untuk kepentingan pengajaran di kelas atau belajar individu. Simulasi PhET menawarkan simulasi berbasis penelitian yang menyenangkan dan interaktif untuk digunakan dalam pendidikan berbasis STEM. Penggunaan simulasi PhET dapat digunakan untuk sarana pendukung bagi terlaksananya proses belajar mengajar dalam pandemic covid-19 saat ini. Membantu siswa dalam memahami konsep secara virtual dan simulasi PhET mampu menganimasikan apa yang tidak terlihat oleh mata melalui grafik serta *control intuitif* [6].

Fasilitas pendidikan pada umumnya mencakup sumber belajar, sarana dan prasarana yang menunjang lainnya, serta penggunaan teknologi dalam pendidikan dan pembelajaran dimaksud untuk memudahkan kegiatan pembelajaran. Jadi pemanfaatan laboratorium virtual bukan untuk menggantikan peran laboratorium yang sebenarnya (laboratorium riil), namun sebagai alternatif solusi pelengkap atas minimnya peralatan laboratorium fisika yang sesungguhnya di sekolah-sekolah serta sebagai alternatif penggunaan laboratorium di masa kondisi covid-19 yang terjadi hingga saat ini [7]. Berdasarkan uraian diatas, peneliti mencoba untuk melakukan penelitian dengan judul “Keefektifan Penerapan Laboratorium Virtual (Phet) Berbasis STEM dan Keterampilan Penyelesaian Masalah”

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan penelitian penelusuran pustaka. Penelusuran pustaka merupakan suatu penelitian yang digunakan dalam mengumpulkan informasi dan data dengan bantuan dari berbagai macam material yang ada di perpustakaan seperti dokumen, buku, majalah, kisah-kisah sejarah, berita, dan lain sebagainya. Sedangkan menurut Sugiyono, 2012 penelusuran pustaka merupakan kajian teoritis, referensi serta literatur ilmiah lainnya yang berkaitan dengan budaya, serta norma yang berkembang dalam situasi social yang diteliti [8]. Dalam penelitian ini, pengumpulan data diperoleh dari berita serta artikel-artikel pada jurnal *online*. Semua data di dalam penelitian ini merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui perantara atau secara tidak langsung, biasanya didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, dan arsip. Analisis data dalam penelitian ini memakai teknik analisis data kualitatif, menurut Miles dan Huberman, terdapat 3 teknik analisis data kualitatif yang meliputi reduksi data, penyajian data, serta membuat kesimpulan [9].

### 3. Hasil dan Pembahasan

Laboratorium virtual merupakan situasi interaktif sains dengan bantuan aplikasi pada komputer berupa simulasi percobaan sains. Laboratorium virtual ini cukup dapat digunakan untuk membantu proses pembelajaran dalam rangka untuk meningkatkan pemahaman materi pada siswa, dan juga cocok digunakan untuk mengantisipasi terhadap ketidaksiapan laboratorium nyata [10]. Soni dan Katkar mengatakan bahwa laboratorium virtual merupakan sebuah pengalaman interaktif dimana siswa dapat mengamati dan memanipulasi objek sistem yang diperoleh, data, atau fenomena dalam rangka untuk memenuhi tujuan pembelajaran [11]. PhET adalah *software* yang dikembangkan oleh universitas Colorado. PhET menyediakan simulasi penelitian berdasarkan ilmu pengetahuan dan matematika yang interaktif, menyenangkan dan bebas digunakan. PhET telah di tes dan dievaluasi untuk mengatasi pendidikan yang kurang efektif yang dapat diakses melalui <http://phet.colorado.edu>.

Berikut adalah tabel untuk memudahkan menganalisis jurnal penerapan penggunaan laboratorium virtual berbasis STEM untuk meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah.

**Tabel 1.** Analisis efisiensi penggunaan laboratorium virtual.

Sumber/Jurnal	Telaah Artikel
JPF Universitas Muhammadiyah Makassar Vol. 3(1), 2015, 56-63 [12]	<p><i>Judul :</i> Penerapan Media Laboratorium Virtual Dalam Pembelajaran Fisika di SMA Negeri 2 Sengkang</p> <p><i>Penulis :</i> Dewi Purwati, Ahmad Yani, Abd. Haris</p> <p><i>Hasil Jurnal :</i> Menunjukkan bahwa skor rata-rata sebelum diajar menggunakan media laboratorium virtual sebesar 6,80 dan setelah diajar menggunakan media laboratorium virtual sebesar 10,77. Dan hasil rata-rata N-gain ternormalisasi sebesar 0,34, hal ini menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar fisika setelah diajar menggunakan media laboratorium virtual dalam kategori sedang.</p> <p><i>Hasil Telaah :</i> Penggunaan media laboratorium virtual mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik.</p>
EduChemia, Vol.2, No.2, Juli 2017 hal 186-195 [13]	<p><i>Judul :</i> Penerapan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa</p> <p><i>Penulis :</i> Nur Hikmah, Nanda Saridewi, Salamah Agung</p> <p><i>Hasil Jurnal :</i> Terdapat perbedaan hasil signifikan antara rata-rata nilai <i>posttest</i> kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.</p> <p><i>Hasil Telaah :</i> Menunjukkan terdapat pengaruh penerapan laboratorium virtual terhadap pemahaman konsep siswa</p>
Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF) Vol. 14, Nomor 1 April 2018 hal 16 -22 [14]	<p><i>Judul :</i> Penerapan Perangkat Pembelajaran Berbasis Laboratorium Virtual Pada Pencapaian Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas XI MIA 5 SMAN 15 Makassar</p> <p><i>Penulis :</i> Andi Ikhsan Maulana dan S. Salmiah Sari</p> <p><i>Hasil Jurnal :</i></p>

	<p>Menunjukkan bahwa hasil belajar peserta didik setelah diajar menggunakan perangkat pembelajaran berbasis laboratorium virtual diperoleh 92,31% berada pada kategori sangat tinggi dan 7,69% pada kategori tinggi. Persepsi responden terhadap perangkat pembelajaran berbasis laboratorium virtual memberikan respon yang sangat baik.</p> <p><i>Hasil Telaah :</i></p> <p>Menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis laboratorium virtual dapat meningkatkan serta memberikan respon baik terhadap hasil belajar peserta didik</p>
<p>Prosiding Quantum #25 Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika, 2018, 381-385 [15]</p>	<p><i>Judul :</i></p> <p>Penerapan Pembelajaran Fisika Menggunakan Pendekatan STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah Siswa Pada Materi Listrik Dinamis</p> <p><i>Penulis :</i></p> <p>Mellya Dewi, Ida Kaniawati, dan Irma Rahma Suwarma</p> <p><i>Hasil Jurnal :</i></p> <p>Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan pembelajaran STEM dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah dalam materi listrik dinamis.</p> <p><i>Hasil Telaah :</i></p> <p>Penggunaan pembelajaran STEM dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah</p>
<p>Jurnal Riset Teknologi dan Inovasi Pendidikan (JARTIKA) Vol. 3 No. 2 Juli 2020 Hal 351-359 [16]</p>	<p><i>Judul :</i></p> <p>Pengaruh Pembelajaran Daring Berbantuan Laboratorium Virtual Terhadap Minat dan Hasil Belajar Kognitif Fisika</p> <p><i>Penulis :</i></p> <p>Egidius Dewa, Maria Ursula Jawa Mukin, dan Oktavina Pandango</p> <p><i>Hasil Jurnal :</i></p> <p>Terdapat pengaruh pembelajaran daring berbantuan laboratorium virtual terhadap minat belajar peserta didik dengan nilai sig (2-tailed) lebih kecil dari 0,05 (<math>0,0063 &lt; 0,05</math>) dan ada pengaruh pembelajaran daring berbantuan laboratorium virtual terhadap hasil belajar kognitif peserta didik dengan nilai sig (2-tailed) lebih kecil dari 0,05 (<math>0,0000 &lt; 0,05</math>)</p> <p><i>Hasil Telaah :</i></p> <p>Bahwa pembelajaran daring dengan berbantuan laboratorium virtual berpengaruh terhadap minat belajar serta hasil belajar kognitif peserta didik.</p>
<p>Jurnal Pendidikan Vokasi, Vol 2, Nomor 1, Februari 2012 hal 81-90 [17]</p>	<p><i>Judul :</i></p> <p>Pengembangan Laboratorium Virtual Untuk Kegiatan Praktikum Dan Memfasilitasi Pendidikan Karakter di SMK</p> <p><i>Penulis :</i></p> <p>Hendra Jaya</p> <p><i>Hasil Jurnal :</i></p> <p>Penggunaan laboratorium virtual dapat mendukung kegiatan praktikum yang bersifat interaktif, dinamis, animatif, dan berlingkungan virtual sehingga tidak membosankan serta</p>



---

dapat mendukung keinginan pengguna untuk mempelajari memahami materi pelajaran produktif di SMK

*Hasil Telaah :*

Laboratorium virtual dapat meningkatkan kompetensi siswa SMK dari segi kognitif (*minds-on*) dan psikomotorik serta laboratorium virtual juga dapat menjadi fasilitas pendidikan karakter peserta didik

---

Seminar Nasional Fisika (SINAFI)  
2015 Bandung, 21 November 2015  
ISBN : 978-602-74598-0-9 [18]

*Judul :*

Study Literasi Pengaruh Pengintegrasian Pendekatan STEM dalam *Learning Cycle 5E* Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa Pda Pembelajaran Fisika

*Penulis :*

Dewi Susanti Kaniawati, Ida Kaniawati, dan Irma Rahma Suwarma

*Hasil Jurnal :*

- Melalui pengintegrasian STEM dalam *learning cycle 5E* diterapkan dalam pembelajaran fisika akan melibatkan siswa dalam pembelajaran aktif yang menghubungkan sains dengan produk teknologi
- Pembelajaran STEM memfasilitasi proses latihan berpikir untuk mengembangkan kemampuan pemecahan masalah dalam produk teknologi sederhana
- Dalam pembelajaran STEM siswa mengalami pengalaman langsung dalam mendesain produk teknologi. Hal ini akan lebih berbekas pada ingatan siswa dan diharapkan tumbuh minat siswa untuk memahami menguasai teknologi.

*Hasil Telaah :*

Dari pembahasan hasil jurnal, Pengintegrasian STEM dalam *learning cycle 5E* sangat cocok diterapkan dalam pembelajaran Fisika untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah

---

Unesa Journal of Chemical  
Education Vol.3, No 1, pp. 119-  
133, Januari 2014 [19]

*Judul :*

Penerapan Media Laboratorium Virtual (PhET) pada Materi Laju Reaksi dengan Model Pengajaran Langsung

*Penulis :*

Eko Sumargo dan Leny Yuanita

*Hasil Jurnal :*

- Keterlaksanaan pembelajaran dengan menerapkan media pembelajaran laboratorium virtual (PhET) pada materi laju reaksi dengan model pengajaran langsung dinyatakan baik dengan persentase sebesar 74,46%.
  - Aktivitas siswa dalam kegiatan belajar mengajar melalui penerapan media pembelajaran laboratorium virtual (PhET) pada materi laju reaksi dengan model pengajaran langsung dinyatakan tinggi
  - Hasil belajar siswa setelah dilakukan pembelajaran dengan menerapkan media pembelajaran laboratorium virtual (PhET) pada materi laju reaksi dengan model pengajaran langsung menunjukkan terdapat perbedaan nilai rata-rata sebelum dan sesudah pembelajaran
-

---

*Hasil Telaah :*

Penggunaan media laboratorium virtual mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik serta meningkatkan hasil respon peserta didik terhadap pembelajaran.

---

Tabel 1 memaparkan hasil telaah mengenai beberapa jurnal tentang keefektifan penggunaan media laboratorium virtual dalam pembelajaran. Dari begitu banyak pula suatu media pembelajaran yang telah ada serta dapat digunakan dalam pembelajaran *online* salah satunya yaitu Laboratorium Virtual (PhET). Penggunaan laboratorium virtual ini juga termasuk solusi alternatif pelengkap suatu media yang dapat digunakan dalam proses pembelajaran jarak jauh atau daring atas permasalahan pandemic covid-19 saat ini. Dalam sebagian jurnal-jurnal yang telah dipaparkan menjelaskan bahwa penerapan penggunaan laboratorium virtual mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik serta berpengaruh terhadap peningkatan pemahaman konsep peserta didik. Pengintegrasian laboratorium virtual berbasis STEM juga dapat meningkatkan kemampuan memecahkan masalah.

PhET digunakan karena ada beberapa alasan yaitu karena tidak tersedianya alat untuk eksperimen di sekolah, selain itu karena dengan menggunakan laboratorium virtual kita dapat mengamati aspek abstrak yang tidak dapat diamati melalui eksperimen langsung serta kondisi saat ini yang menganjurkan untuk belajar jarak jauh atau daring. Hal ini sesuai dengan pendapat Farrera (2010), berbagai manfaat yang dapat diperoleh melalui laboratorium virtual:

- a. Memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan, baik secara perorangan maupun kelompok, kapanpun dan di mana saja mereka berada sehingga dapat meningkatkan kualitas eksperimen siswa.
- b. Meningkatkan efektivitas pembelajaran, dimana siswa akan semakin lama menghabiskan waktunya dalam lab virtual tersebut berulang-ulang
- c. Mengurangi keterbatasan waktu, jika tidak ada cukup waktu untuk bereksperimen dengan peserta didik di dalam lab
- d. Ekonomis, tidak membutuhkan ruang bangunan serta alat-alat dan bahan-bahan seperti pada laboratorium konvensional
- e. Meningkatkan keamanan dan keselamatan, karena tidak adanya interaksi secara langsung dengan alat dan bahan kimia yang nyata

Namun, selain itu juga memiliki kekurangan yaitu:

- a. Keterbatasan pelaksanaan praktikum, karena bahasa pengantar yang digunakan merupakan bahasa Inggris
- b. Kurangnya pengalaman secara nyata di laboratorium konvensional, sehingga memungkinkan terjadinya kebingungan siswa dalam merangkai alat dan mengoperasikannya
- c. Tidak memberikan pengalaman di lapangan secara nyata (laboratorium konvensional) [20].

Dari yang telah dipaparkan siswa dituntut untuk memiliki kemampuan keterampilan penyelesaian masalah berbasis STEM pada penerapan laboratorium virtual (PhET). Kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan seseorang dalam mendefinisikan masalah, mennetukan penyebab masalah, mengidentifikasi, memprioritaskan, dan memilih alternative untuk solusi dan menerapkan solusi [20]. Kemampuan pemecahan masalah memerlukan suatu keterampilan serta kemampuan khusus yang dimiliki masing-masing siswa yang dapat memungkinkan terjadinya perbedaan antar siswa dalam menyelesaikan suatu masalah. Kemampuan suatu pemecahan masalah mengacu terhadap upaya yang diperlukan siswa dalam menentukan sebuah solusi dalam permasalahan yang dihadapi. Sedangkan menurut Gok, kemampuan pemecahan masalah merupakan kemampuan siswa menggunakan informasi yang telah ada untuk menentukan apa yang harus dikerjakan dalam suatu keadaan tertentu [21].

Dalam bidang fisika, pemecahan masalah fisika sangat berhubungan dengan konsep fisika. Faktor yang mempengaruhi pemecahan masalah fisika merupakan struktur pengetahuan yang dimiliki oleh siswa dalam memecahkan masalah dan karakter permasalahan tertentu [22].

Perbedaan antara siswa yang memiliki kemampuan rendah (*novice*) dan tinggi (*expert*) dalam suatu proses pemecahan masalah fisika adalah bagaimana siswa dapat mengorganisasikan suatu konsep



dengan konsep yang lain ketika memecahkan masalah. Siswa yang memiliki kemampuan tinggi dalam pemecahan masalah fisika cenderung menggunakan argument kualitatif berdasarkan konsep fisika yang mendasari masalah (*deep feature*), mengevaluasi solusi, dan cenderung menggunakan alat bantu representatif. Hal sebaliknya, siswa yang memiliki kemampuan rendah dalam pemecahan masalah fisika cenderung mengenali masalah berdasarkan sajian masalah (*surface feature*), tidak melakukan evaluasi, dan cenderung menggunakan rumus dalam memecahkan masalah [23].

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi pustaka, dapat disimpulkan bahwa penerapan laboratorium virtual berbasis STEM mampu meningkatkan keterampilan penyelesaian masalah serta penggunaan laboratorium virtual merupakan salah satu alternatif solusi pelengkap atas permasalahan pendidikan saat ini yang menganjurkan untuk melakukan pembelajaran daring atau jarak jauh untuk meminimalisir penyebaran covid-19. Hasil dari penelusuran pustaka ini akan berkontribusi pada pengembangan strategi pembelajaran berbasis daring.

#### Referensi

- [1] Menteri Pendidikan dan Kebudayaan 2020 *Surat Edaran Nomor 3 Tahun 2020 Tentang Pelaksanaan Pendidikan dalam Masa Darurat CoronaVirus (COVID-19)*
- [2] Simarmata J, Hamid M A, Ramadhani R, Chamidah D, Simanihuruk L, Safitri M, Napitupulu D Iqbal M dan Salim N A 2020 *Pendidikan Di Era Revolusi 4.0: Tuntutan, Kompetensi & Tantangan* (Medan: Yayasan Kita Menulis)
- [3] Nakayama M, Yamamoto H dan Santiago R 2007 *Electron. J. e-learn.* **5 (3)** 195
- [4] Jihad A dan Haris A 2009 *Evaluasi Pembelajaran* (Yogyakarta: Multi Presindo)
- [5] Mubarak M F dan Mulyaningsih S 2014 *J. Inov. Pendidik. Fis.* **03 (01)** 76
- [6] Finkelstein N, Adams W, Keller C, Perkins K dan Wieman C 2006 *MERLOT J. Online Learn. Teach.* **2 (3)** 110
- [7] Yusuf I, Widyaningsih S W dan Purwati D 2015 *Pancar. Pendidik.* **4 (2)** 189
- [8] Sugiyono 2012 *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Bandung: Alfabeta)
- [9] Miles M B dan Huberman M A 1984 *Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods* (California: Sage Publication)
- [10] Sutrisno 2011 *Pengantar Pembelajaran Inovatif Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi* (Jakarta: Gaung Persada Press)
- [11] Sony S dan Katkar M D 2014 *Int. J. Appl. Eng. Manag.* **3 (1)** 108
- [12] Purwati D, Yani A dan Haris A 2015 *J. Pendidik. Fis. Unismuh* **3 (1)** 56
- [13] Hikmah N, Saridewi N dan Agung S 2017 *EduChemia (J. Kim. Pendidik.)* **2 (2)** 186
- [14] Maulana A I dan Sari S S 2018 *J. Sains Pendidik. Fis. (JSPF)* **14 (1)** 16
- [15] Dewi M, Kaniawati I dan Suwarma I R 2018 *Pros. Sem. Nas. Quantum* vol. 25 (Yogyakarta: Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Ahmad Dahlan) hal 381
- [16] Dewa E, Mukin M U J dan Pandango O 2020 *J. Riset Teknol. Inov. Pendidik. (JARTIKA)* **3 (2)** 351
- [17] Jaya H 2012 *J. Pendidik. Vokasi* **2 (1)** 81
- [18] Kaniawati D S, Kaniawati I dan Suwarma I R 2015 *Pros. Sem. Nas. Fisika (SINAFI) 2015* (Bandung: Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI) hal 39
- [19] Sumargo E dan Yuanita L 2014 *Unesa J. Chem. Educ.* **3 (1)** 119
- [20] Selçuk G.S, Çalışkan S dan Erol M 2008 *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **2 (3)** 151
- [21] Gök T dan Silay İ 2008 *J. Theor. Pract. Educ.* **4 (8)** 253
- [22] Chi M T H dan Glaser R 1985 Problem solving ability *Human Abilities: An Information-Processing Approach* ed.R J Sternberg (San Fransisco:W H Freeman & Co) hal 227-257
- [23] Singh C 2008 *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* **4** 010105