



## **EFEKTIVITAS E-MODUL FISIKA BERBASIS MASALAH BERBANTUAN SIMULASI *PHET* DALAM UJICoba TERBATAS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

**Rai Sujanem<sup>1</sup>, I Nyoman Putu Suwindra<sup>2</sup>, Iwan Suswandi<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA, Universitas Pendidikan Ganesha. Singaraja

e-mail: [rai\\_sujanem@undiksha.ac.id](mailto:rai_sujanem@undiksha.ac.id), [inpsuwindra@undiksha.ac.id](mailto:inpsuwindra@undiksha.ac.id), [iwansuswandi@undiksha.ac.id](mailto:iwansuswandi@undiksha.ac.id)

### **Abstrak**

E-modul fisika berbasis masalah adalah e-modul yang berisi masalah tak terstruktur, fenomena fisika, konsep esensial dan strategis, konsep yang bermuatan keterampilan berpikir kritis (kbk), contoh soal kbk, animasi/simulasi fenomena fisika, video, dan latihan soal kbk. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efektivitas e-modul fisika berbasis masalah berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis (kbk) siswa. E-modul ini digunakan pada ujicoba terbatas dalam model problem-based learning (PBL) online. E-modul ini dikatakan efektif untuk meningkatkan kbk jika memenuhi aspek: (1) terdapat peningkatan kbk siswa secara signifikan dan (2) peningkatan kbk berkategori sedang. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI MIPA 2 SMAN 1 Singaraja yang dipilih dengan teknik random sampling. Penelitian ini menggunakan desain quasi eksperimen satu kelompok pre-test dan post-test. Data dianalisis dengan Paired-Test dan normalized gain (N-gain, t-test). Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) pembelajaran dengan E-modul fisika berbasis masalah berbantuan PhET dapat meningkatkan kbk siswa; (2) rata-rata N-gain adalah 0,6 berkategori sedang. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa E-modul fisika berbasis masalah berbantuan PhET efektif untuk meningkatkan kbk siswa pada ujicoba terbatas dalam model PBL online.

**Kata Kunci:** e-modul fisika berbasis masalah, simulasi PhET, keterampilan berpikir kritis

### **Abstract**

*This study aimed at analyzing the effectiveness of PhET simulation assisted problem-based physics e-module to improve students' critical thinking skills (CTS). This e-module was used in a limited trial in an online problem-based learning (PBL) model. This e-module was said to be effective in increasing CTS if it met the following aspects: (1) there was a significant increase in student CTS and (2) an increase in CTS in the moderate category. The subjects of this study were students of class XI MIPA 2 of SMAN 1 Singaraja, who were selected by random sampling technique. This study used a quasi-experimental design with one group pre-test and post-test. Data were analyzed by Paired-Test and normalized gain (N-gain, t-test). The results show that (1) learning with PhET simulation assisted problem-based physics e-module increases the students' CTS; (2) the average N-gain is 0.6 in the medium category. Thus, it is concluded that PhET simulation assisted problem-based physics e-module is effective for improving the students' CTS in a limited trial in an online PBL model.*

**Keywords:** *problem-based physics e-module, PhET simulation, critical thinking skills*

### **1. Pendahuluan**

Pada abad ke-21 ini, ada empat keterampilan utama yang diharapkan muncul pada setiap siswa sebagai *output* dari pendidikan, yaitu: *critical thinking, creativity, collaboration, communication* (Trilling & Fadel, 2009; Partnership For 21 St Century Skills, 2009). Salah satu pilar utama pada abd 21 ini adalah Keterampilan berpikir kritis (kbk). Kbk adalah suatu proses sistematis ketika siswa membuat suatu keputusan tentang apa yang ia percayai dan ia

kerjakan (Ennis, 2018; Ennis, 2012). Mata pelajaran fisika merupakan salah satu wahana untuk menumbuhkan kemampuan berpikir yang berguna untuk memecahkan masalah di dalam kehidupan sehari-hari (BSNP, 2006). Kbk adalah suatu proses sistematis ketika siswa membuat suatu keputusan tentang apa yang ia percayai dan ia kerjakan, serta merupakan salah satu tujuan pendidikan (Ennis, 2012; Sujanem et al., 2018). Kemampuan dan indikator kbk yang akan digunakan dalam penelitian pengembangan ini meliputi: fokus pada pertanyaan, menganalisis argumen, mendeduksi dan menilai deduksi, membuat dan menilai kesimpulan induktif dan memberi argumentasi, dan membuat dan menilai keputusan. Keterampilan berpikir kritis dapat berfungsi sebagai satu set tujuan komprehensif untuk kurikulum berpikir kritis dan penilaian. Pemikir kritis ideal memiliki kemampuan, yaitu kemampuan klarifikasi dasar, kemampuan dasar untuk mengambil keputusan, kemampuan membuat inferensi, kemampuan membuat klarifikasi lanjutan, kemampuan membuat dugaan dan integrasi, dan kemampuan dapat memfasilitasi kemampuan lain.

Pentingnya kbk bagi siswa yaitu, siswa mampu menguasai situasi dan masalah baru sehingga siswa memiliki kesadaran untuk merancang, memantau, menilai apa yang dipelajari, menerima informasi tanpa batas, menghadapi dan memecahkan masalah yang kompleks dalam teknologi dan sosial (Aufa et al., 2021; Misbah et al., 2018; Oliveras et al., 2013; Vong & Kaewurai, 2017; Puspitasari, 2019). Indikator memberikan keputusan juga berperan dalam meningkatkan kbk dan menghasilkan keputusan yang logis menuju pemecahan suatu masalah, kecepatan berpikir yang lebih tinggi. Realita yang ada sungguh kontradiktif, pendidikan berpikir di sekolah saat ini khususnya di SMA belum ditangani dengan baik sehingga kbk pada lulusan SMA masih relatif rendah. Rendahnya kbk dan kreatif lulusan pada sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi di Indonesia masih sering dikeluhkan. Ada beberapa hal yang menyebabkan rendahnya kbk siswa, antara lain: jenis soal dengan tingkat taksonomi Bloom yang rendah tidak melatih kbk (Pursitasari & Permanasari, 2012). Kbk siswa di Bali masih rendah. Kualitas pembelajaran fisika sampai saat ini masih rendah seperti terlihat pada hasil studi PISA (*Program for International Student Assessment*), yaitu studi yang terfokus pada literasi bacaan, matematika, dan sains menunjukkan peringkat sains Indonesia berada pada 71 dari 79 negara (Gurría, 2019; Hopfenbeck et al., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pendidikan sains Indonesia masih rendah. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan kbk siswa Indonesia masih sangat kurang (Saminan et al., 2016). Hal ini dilihat dari skor *pretest* rata-rata siswa kurang dari 15%. Di Bali, kbk siswa diteliti oleh Riani (Riani et al., 2014). Penelitian tersebut menunjukkan kurangnya tingkat kbk siswa yang terlihat dari skor rata-rata *pretest* yang diperoleh siswa masih sangat kurang, yaitu 33.81 dari skala 100. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas pendidikan sains Indonesia masih rendah. Kualitas pembelajaran fisika juga terlihat dari kbk yang masih rendah. Hasil tes kbk siswa ini masih rendah, padahal kbk sangat perlu dilatihkan dan dikembangkan dalam pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa kbk siswa dalam belajar fisika masih sangat rendah, padahal kbk sangat perlu dilatih dan dikembangkan dalam pembelajaran. **Kbk merupakan kunci dalam pendidikan untuk memecahkan suatu permasalahan.**

Salah penyebab utama adalah pembelajaran fisika di sekolah masih menggunakan metoda ceramah, siswa hanya menerima informasi dan dihadapkan dengan soal-soal yang dikemas dalam angka-angka dan hitungan (Sujanem, et al. 2021; Sujanem & Suwindra, 2020). Soal-soal fisika tidak dirancang yang ada kaitannya dengan fenomena sehari-hari. Hasil studi awal tes kbk tentang materi fisika dilakukan di SMAN 2, SMAN 1, dan SMAN 4 Singaraja pada siswa yang telah memperoleh pelajaran pokok bahasan Dinamika Rotasi, dan Kesetimbang Benda Tegar. Nilai rata-rata hasil Tes kbk siswa kelas XI MIPA berkisar antara 48.0 - 51,1 dalam skala 100 dengan kategori kurang (Sujanem et al., 2022). Hasil tes kbk siswa masih rendah, padahal kbk sangat perlu dilatih dan dikembangkan dalam pembelajaran. Rendahnya kbk siswa ini terjadi karena selama ini pengemasan pendidikan sering tidak sejalan dengan hakekat belajar dan mengajar fisika (Brook & Brook, 2001). Untuk itu perlu dirancang pengemasan pendidikan yang sejalan dengan hakekat belajardan mengajar yakni: bagaimana siswa belajar, bagaimana guru mengajar, bagaimana pesan pembelajaran di dalam **bahan ajar** itu, bukan semata-mata pada hasil belajar (Brook & Brook, 2001; Lawson, 1998). Pengemasan **bahan ajar fisika dan implementasinya** hendaknya diorientasikan pada

penyediaan peluang kepada siswa dalam pencapaian **kbk** siswa SMA. Hasil tes kbk siswa masih rendah, padahal kbk sangat perlu dilatih dan dikembangkan dalam pembelajaran. **Kbk merupakan kunci** dalam pendidikan **untuk memecahkan suatu permasalahan**. Perkembangan kbk menghasilkan warga intelektual dan kompeten secara sosial dan menantang masalah dunia nyata. Tuntutan sebagian besar lapangan kerja, yaitu dicari tenaga yang memiliki kemampuan menggunakan kbk. Pengemasan bahan ajar fisika SMA kelas XI selama ini **masih bersifat linier**, yaitu: bahan ajar yang hanya menyajikan konsep dan prinsip, contoh-contoh soal dan pemecahannya, dan soal-soal latihan. Untuk itu perlu diimplementasikan kemasan **bahan ajar fisika yang berbasis masalah yang mengintegrasikan teknologi serta dalam lingkungan *problem-based learning* (PBL)**. Salah satu pokok bahasan fisika kelas XI bagian awal adalah Dinamika Rotasi dan Kestimbangan Benda Tegar. Pada materi Dinamika Rotasi dan Kestimbangan Benda Tegar ini belum difasilitasi pemerolehan keterampilan berpikir kritis, pada materi ajar yang linier belum dilatih siswa untuk merumuskan suatu permasalahan kompleks, menjadi permasalahan yang lebih operasional, keterampilan berargumentasi, menganalisis secara induktif, serta mengambil suatu keputusan. Semua indikator ini merupakan indikator yang kbk seperti yang dikembangkan Ennis (2012).

Salah satu model pembelajaran yang menyediakan peluang untuk melatih perolehan kbk adalah model PBL. Model PBL merupakan pembelajaran yang menyajikan masalah sebagai rangsangan (*stimulus*) untuk belajar. Masalah yang disajikan sangat kompleks dan tak terstruktur serta berhubungan dengan dunia siswa (Arends, 2012; Ibrahim & Nur, 2004:). Ada model PBL yang hanya menggunakan sistem tatap muka di kelas. Model PBL seperti ini sering disebut model PBL tradisional atau klasik. Pengetahuan siswa yang diperoleh dengan PBL tradisional ini sama saja dengan model pembelajaran ceramah (Khoshnevisasl, *et al.* (2014). PBL tradisional ternyata sama dengan pendidikan berbasis ceramah dalam keberhasilan umum di universitas. Pembelajaran dilaksanakan secara *online*, maka akan digunakan model *PBL online* untuk itu perlu ditunjang pengemasan bahan ajar secara *online*. Pembelajaran *online* dalam penelitian ini digambarkan sebagai proses belajar mengajar yang memanfaatkan jaringan informasi, teknologi komunikasi, fleksibilitas konektivitas untuk merangsang interaksi (Swan, 2017). *PBL online* bersifat fleksibel bisa sangat menantang sehingga untuk menerapkan dan mencapai hasil yang lebih baik dengan diperkenalkannya *PBL online* terutama di kalangan siswa dalam mempelajari Fisika (Eldy & Sulaiman, 2019).

Bentuk bahan ajar yang selaras dengan pembelajaran *online* ini adalah dalam bentuk modul elektronik atau *electronic module* (e-modul). Dalam implementasi model pembelajaran *PBL online* akan digunakan bahan ajar fisika SMA, namun pengemasan bahan ajar fisika SMA kelas XI selama ini sebagian besar masih bersifat linier, yaitu: bahan ajar yang hanya menyajikan konsep dan prinsip, contoh-contoh soal dan pemecahannya, dan soal-soal latihan kbk. Pada bahan ajar belum nampak adanya pengungkapan masalah tak terstruktur yang dikemas dalam simulasi atau video. Untuk itu akan dikemas e-modul yang berawal dari masalah tak terstruktur. Siswa diberi kesempatan untuk merumuskan masalah. Merumuskan masalah adalah salah satu indikator kbk. Berdasarkan rumusan masalah siswa akan dapat mencari solusi atau pemecahan memberikan suatu argumentasi, menganalisis suatu penyelesaian secara induktif dan deduktif, dan memberi sebuah keputusan. Pada bahan ajar juga belum ada latihan soal-soal kbk, karena modul memang tak bermuatan komponen kbk. Kemasan dan implementasi bahan ajar semacam ini dilandasi paradigma *rote-learning*. Paradigma ini hanya mendorong siswa sekedar menghafal dengan kadar pemahaman yang rendah dan tidak menyediakan peluang untuk menumbuhkembangkan kbk siswa. Seiring dengan perkembangan ICT, bahan ajar perlu dikemas dalam bentuk elektronik (*e-modul*) fisika SMA kelas XI yang bisa digunakan secara *online* sesuai dengan hakekat pembelajaran *PBL online*. Modul elektronik adalah sebuah bentuk penyajian bahan belajar mandiri yang disusun secara sistematis ke dalam unit pembelajaran terkecil untuk mencapai tujuan pembelajaran tertentu yang disajikan ke dalam format elektronik yang di dalamnya terdapat animasi, audio, navigasi yang membuat pengguna lebih interaktif dengan program (Sugianto, 2013).

Kemasan sumber belajar fisika kelas XI yang akan dikembangkan adalah *e-modul* fisika berbasis masalah berbantuan PhET secara umum berisikan masalah kompleks yang

*ill-structure*, pertanyaan, materi, dan teka-teki, animasi, dan multimedia. Pada bahan ajar teks model linier belum nampak adanya pengungkapan masalah tak terstruktur (*ill-structure*) yang dikemas dalam simulasi atau video. Pada bahan ajar juga belum ada latihan soal-soal yang bermuatan kbk. Tahapan-tahapan *PBL online*, secara umum mengikuti tahapan pembelajaran *PBL* tatap muka dan proporsi antara pembelajaran tatap muka di kelas diganti dengan *online*.

Berdasarkan beberapa paparan kemasan sumber belajar berupa e-modul dan tahapan-tahapan pembelajaran *PBL online*, maka dalam penelitian ini akan dikembangkan adalah **kemasan e-modul** yang berisi **masalah tak terstruktur (*ill-structure*)**, **fenomena fisika**, konsep esensial dan strategis, konsep yang kontekstual, **animasi/simulasi**, video, contoh dan latihan soal kbk. Kegiatan laboratorium seperti percobaan/praktikum akan dikemas dalam bentuk virtual laboratorium (*virlab*). Ada banyak virtual laboratorium yang berkembang sekarang, yakni animasi/simulasi dan video dengan program simulasi *PhET (Physics Education and Technology)*. *PhET* adalah sebuah simulasi yang dibuat untuk membantu proses pembelajaran fisika dan dirancang sedemikian rupa agar terlihat menarik serta terbuka untuk semua pelajar yang memberikan umpan balik dari animasi kepada para siswa. *PhET* menyediakan simulasi berbasis penelitian interaktif yang menyenangkan untuk digunakan dalam pendidikan. Simulasi ini dapat membantu siswa memahami suatu konsep dan dirancang agar penggunaannya efektif dalam pengajaran. Untuk menunjang kegiatan praktikum fisika yang dilakukan secara simulasi pada masa pandemi covid ini, maka e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam pembelajaran *PBL online*.

Dengan demikian, dalam pembelajaran fisika, pada penelitian ini akan dikembangkan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam pembelajaran *PBL online*. Tahapan pembelajaran *PBL online* dengan e-modul fisika berbasis masalah berbantuan *PhET* adalah sebagai berikut. Tahapan *PBL* ini mengikuti tahapan *PBL* Arends (2012) yang dikemas dalam pembelajaran *online*. Hal ini sejalan dengan studi Oya *et al.* (Eldy & Sulaiman, 2019) sebagai pembelajaran *online* didefinisikan sebagai penggunaan teknologi (yaitu, internet, komputer atau ponsel) untuk merancang, menyampaikan, memilih dan mengelola konten individual yang komprehensif dan dinamis. Adapun tahapan *PBL online*, sebagai berikut. Tahap 1, teknik penyampaian secara *online*, penyampaian profil *homepage*, masalah *ill-structure*. Tahap 2, *online*, mengorganisasikan siswa dalam kelompok-kelompok secara *online*, memfasilitasi siswa menemukan atau mendiskusikan draft rumusan masalah yang telah dibuat mengacu pada masalah tak rasional pada *website PBL* secara *online*. Tahap 3, tahap *online*. Pada tahap *online*, siswa merumuskan hipotesis, siswa melaksanakan eksperimen dengan simulasi *PhET* untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah, dan melakukan analisis data. Tahap 4, *online*, siswa merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan dan model secara *online*, dan mempresentasi hasil kerja kelompok, secara tatap muka. Tahap 5, *online*, guru dan siswa melakukan evaluasi dan pembahasan terhadap hasil yang telah dipresentasikan, melakukan refleksi atas penyelidikan dan proses yang mereka gunakan melalui tatap muka dan *chatting room*, serta memberikan tugas aplikasi dan latihan soal-soal secara *online*.

E-modul ini berisi masalah tak terstruktur (*ill-structure*), fenomena fisika, konsep esensial dan strategis, konsep yang memediasi keterampilan berpikir kritis, animasi/ simulasi, video, teka-teki fisika, contoh dan latihan soal keterampilan berpikir kritis. Modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam pembelajaran *PBL online* dapat diakses secara *online* baik pada saat jam pembelajaran tatap muka atau di luar jam pelajaran. Siswa dapat mengakses materi pelajaran melalui *sistem online* dengan bantuan *whatsapp* dan program *google classroom*. Penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah ini memberi peluang siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis.

Penggunaan e-modul fisika berbasis masalah dalam pembelajaran model *PBL online* ini didukung dengan teori belajar konstruktivisme, *PBL*, teori belajar bermakna, teori belajar Vygotsky, teori belajar Albert Bandura, dan teori belajar *online*. Menurut konstruktivisme, belajar berarti membentuk makna (Suparno, 2005). Makna diciptakan oleh siswa dari apa yang ia lihat, dengar, rasakan, dan alami. Model *PBL online* digunakan sebagai dasar dari desain model dan ini berasal dari ide bahwa belajar pada dasarnya adalah sebuah proses sosial yang akan dikompromikan jika seluruh model yang berlangsung di dunia maya jauh dari interaksi

manusia (Crook yang dikutip oleh Steeples & Jones 2002, dalam Donnelly, 2009). Pengintegrasian ICT dalam dunia pendidikan, khususnya berkaitan dengan pembelajaran *PBL online* membawa revolusi baru dan memberi peluang pencapaian kbk dan hasil belajar yang lebih tinggi (Liu, Wivagg, Geurtz, Lee, & Chang, 2012). Melalui implementasi *PBL online*, kbk siswa dalam fisika meningkat (Sulaiman, 2013). Kbk lebih tinggi setelah diberikan pembelajaran dengan model *PBBL* (Wannapiroon, 2008). *PBL* yang dirancang dalam situs web dikemas dengan informasi, gambar, peta, dan rencana pembelajaran berbasis masalah untuk guru. Guru harus membantu siswa menggunakan internet secara efektif. Internet adalah sumber yang bagus untuk *PBL* (Arends, 2012).

Kemasan e-modul fisika berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam pembelajaran fisika SMA ini merupakan emodul yang inovatif mengandung masalah tak terstruktur (*ill-structure*), fenomena fisika, konsep esensial dan strategis, konsep yang bermuatan kbk, contoh soal kbk, animasi/simulasi fenomena fisika, video, dan latihan soal kbk. E-modul fisika berbasis masalah dapat diakses secara *online* baik pada saat jam dengan simulasi *PhET*. Simulasi-simulasi *PhET* merupakan gambar bergerak (animasi), interaktif dan dibuat seperti layaknya permainan dimana siswa dapat belajar dengan melakukan eksplorasi. Simulasi-simulasi tersebut menekankan korespondensi antara fenomena nyata dan simulasi komputer kemudian menyajikannya dalam model-model konseptualfisis yang mudah dimengerti oleh para siswa. Selama pelaksanaan eksperimen, siswa juga dapat melihat bagaimana pengaruh variabel manipulasi (bebas) terhadap variabel respon sehingga siswa dapat menguji hipotesis. Hal tersebut sama pada saat siswa-siswa melakukan kegiatan eksperimen dengan menggunakan alat-alat laboratorium KIT IPA sebagai laboratorium yang sebenarnya (*real laboratory*). Simulasi *PhET* dapat meniruperilaku sistem nyata, suatu strategi pembelajaran yang dapat mempermudah memahami konsep berdasarkan informasi yang terkandung pada rangkaian listrik, menarik, membangkitkan kesadaran tentang konsep atau prinsip, menuntut partisipasi aktif, dan belajar banyak hal (Joyce, *et al.*, 2009; Finkelstein, *et. al* (2005) telah melakukan pengujian efek simulasi komputer sebagai pengganti laboratorium nyata dalam pembelajaran fisika di kelas. Simulasi yang digunakan adalah simulasi arus listrik DC dan dibandingkan dengan menggunakan peralatan laboratorium nyata.

Siswa dapat mengakses materi pelajaran melalui sistem *online*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui keefektifan e-model fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* untuk meningkatkan kbk siswa pada ujicoba terbatas di kelas XI SMA di kota Singaraja dalam pembelajaran fisika. Indikator kbk meliputi: merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan deduksi, melakukan induksi, dan membuat keputusan. Masalah penelitian terkait dengan efektivitas e-modul fisika berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* untuk meningkatkan kbk siswa kelas SMA.

## 2. Metode

Rancangan penelitian yang digunakan pada ujicoba terbatas ini adalah *one group pretest-posttest design* (Montgomery, 2001; Kerlinger, 2000; Fraenkel et al., 2012)). Prosedur eksperimen dapat digambarkan sebagai berikut.

$$O1 \quad \times \quad O2$$

Gambar: 1. Prosedur ujicoba *one group pretest dan posttest design* (Fraenkel et al., 2012).

Pada Gambar 1, simbol O1 dan O2 adalah *pretest* dan *post-test* yang menyatakan kbk. Simbol  $\times$  adalah e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam *PBL online*. Analisis data menggunakan teknik deskriptif kualitatif, uji-t berpasangan, dan gain ternormalisasi (*N-gain*). Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah perbedaan skor hasil *posttest* dan *pretest* (*gain-score*).

Subjek penelitian ini adalah e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* yang diujicobakan kepada siswa kelas XI MIPA 2 SMAN 1 Singaraja

Pemilihan kelas sebagai kelas ujicoba dilakukan secara *random*. Data kbk siswa dikumpulkan dengan menggunakan instrumen tes kbk. Pengumpulan data dilakukan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) mengikuti pembelajaran. Bentuk tes adalah tes *essay*. Masing-masing item tes mengacu pada indikator, mencakup aspek merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan deduksi, melakukan induksi, melakukan evaluasi, dan memutuskan. Soal tes keterampilan berpikir kritis dalam bentuk narasi permasalahan.

Efektivitas e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* diperiksa berdasarkan *gain* normalisasi atau *N-gain* (Hake, 1999) antara *pre-test* dan *post-test* pada hasil tes kbk tersebut. E-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* dikatakan efektif untuk meningkatkan kbk jika memenuhi aspek *effectiveness*. Aspek *effectiveness*, data dianalisis secara deskriptif yang diindikasikan bahwa terdapat peningkatan kbk siswa secara signifikan pada  $\alpha = 5\%$ , dan peningkatan kbk berkategori sedang. Kriteria *N-gain*, yaitu: *N-gain* termasuk kategori tinggi jika  $g \geq 0,7$ ; kategori sedang jika  $0,3 < g < 0,7$ , dan kategori rendah jika  $g \leq 0,3$ . Untuk menentukan signifikansi peningkatan kbk digunakan uji-t berpasangan (Fraenkel et al., 2012). Teknik analisis data Uji-t berpasangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Paket Statistik SPSS versi 25. Sebelum peneliti menggunakan teknik analisis data ini, ada persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu uji normalitas (Arikunto, 2010). Pengujian normalitas data digunakan uji Kolmogorov-Smirnov (Priyatno, 2012).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil

Hasil tes kbk siswa terdiri atas *pretest* dan *posttest* yang diperoleh melalui tes tertulis berbentuk uraian sebanyak 12 soal. Nilai rata-rata pretes dan postes kbk pada materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar kelompok ujicoba terbatas pada kelas XI MIPA 2 SMA Negeri 1 Singaraja ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata pretes dan postes

Uraian Skor	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>
Skor terendah	12	42
Skor tertinggi	58	92
Slor Rata-rata	30,6	73,1
Standar deviasi	9,24	11,48
Skor ideal	100	100
Jumlah siswa	31	31

Pada Tabel 1 terungkap bahwa nilai rata-rata kbk sebelum pembelajaran (*pre-test*) pada materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar adalah 30,6 termasuk kategori kurang. Setelah pembelajaran dengan e-modul fisika berbasis masalah dalam model *PBL online*, nilai rata-rata kbk (*post-test*) siswa adalah 73,1 dengan kategori baik.

Berdasarkan nilai pretes dan postes, maka dapat ditentukan nilai rata-rata *gain* kbk, yaitu 0,6. Dengan mengacu pada kriteria Hake (1999), maka *N-gain* sebesar 0,6 tersebut termasuk kategori peningkatan sedang. Dengan demikian, ditinjau dari peningkatan kbk siswa, penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* ini dapat dikatakan efektif. Ini berarti bahwa penerapan e-modul fisika berbasis masalah berbantuan *PhET* efektif meningkatkan kbk siswa.

Untuk menentukan signifikansi peningkatan kbk antara hasil *pretest* dan *posttest*, maka perlu diuji perbedaan rata-rata kbk. Pengujian ini dilakukan dengan uji-t berpasangan (Sugiyono, 2012). Hipotesis yang diuji adalah hipotesis nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa tidak ada peningkatan kbk siswa antara hasil *pre-test* dan *post-test*, sedangkan hipotesis alternatif ( $H_1$ ) menyatakan bahwa ada peningkatan dalam kbk siswa antara hasil *pre-test* dan *post-test*;

pada tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) dalam penelitian ini adalah 0,05. Uji perbedaan rata-rata dengan uji-t berpasangan dilakukan dengan SPSS versi 25. Kriteria untuk penolakan  $H_0$  adalah bahwa jika signifikansi (*2-tailed*) atau p-nilai uji-t berpasangan kurang dari 0,05 (Priyatno, 2012). Persyaratan untuk menggunakan uji-t berpasangan adalah bahwa data harus terdistribusi normal. Analisis statistik yang digunakan untuk menguji normalitas data adalah Uji Kolmogorov-Smirnov. Jika  $H_0$  diterima, berarti data mengikuti fungsi distribusi normal. Itu akan terjadi jika nilai signifikansi *p-value* lebih besar dari 0,05 (Priyatno, 2012). Pengujian normalitas data juga digunakan SPSS. Hasil uji normalitas untuk data Pretes siswa kelas XI MIPA 2 SMAN1 Singaraja adalah 0,069. Hasil uji normalitas untuk data Postes adalah juga 0,088. Karena semua harga *Asymp.Sig* > 0,05, yang artinya terima  $H_0$ . Jadi, semua data dalam penelitian berdistribusi normal.

Hasil Uji-t berpasangan menunjukkan bahwa signifikansi (*2-tailed*) atau *p-value* statistic Uji-t untuk pasangan (*pretest* dan *posttest*) pada kelas XI MIPA 2 SMAN 1 Singaraja ditunjukkan pada Tabel 2.

**Table 2.** Hasil uji-t berpasangan antara skor Pre-Test and Post-Test

No	Data	Average Test (t)	df	p (2-tailed)	Remark
	Ujicoba terbatas	-42,645	30	0.0000	$H_0$ is rejected

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa nilai p untuk hasil uji-t berpasangan dari skor *pre-test* dan *post-test* kbk dalam tiga kelompok adalah < 0,05 dan secara keseluruhan memiliki nilai negatif. Ini berarti ada perbedaan yang signifikan (secara statistik) dalam kbk siswa antara sebelum dan sesudah penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah. Kbk siswa lebih tinggi sesudah penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah dibandingkan dengan sebelum penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah. Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa nilai p untuk hasil uji-t berpasangan dari skor *pre-test* dan *post-test* kbk adalah < 0,05 dan memiliki nilai negatif. Ini berarti ada perbedaan yang signifikan (secara statistik) dalam kbk siswa antara sebelum dan sesudah penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online*. Dengan demikian,  $H_0$  yang menyatakan bahwa tidak ada peningkatan kbk bagi siswa antara uji awal dan hasil uji akhir dinyatakan ditolak. Dengan demikian, maka  $H_1$  yang menyatakan bahwa ada peningkatan kbk bagi siswa antara hasil *pretest* dan hasil *posttest* dinyatakan diterima. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dapat meningkatkan kbk materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar secara signifikan ( $p < 0,05$ ).

## Pembahasan

Pencapaian KBK siswa seperti dideskripsikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tingkat kbk siswa pada pretes pada ujicoba terbatas termasuk kategori kurang, dan tingkat kbk siswa setelah menggunakan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* mencapai kategori baik. Berdasarkan N-gain, kbk siswa kelas XI SMA telah meningkat dengan gain 0,6 kategori peningkatan sedang. Di lain pihak analisis kbk siswa telah meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, pelaksanaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah ini efektif untuk meningkatkan kbk siswa. Hal ini sejalan dengan temuan dari penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pembelajaran kombinasi (*blended*) berbasis masalah dapat meningkatkan kbk (Rachman et al., 2019; Sujanem et al., 2020). Hal ini juga sejalan dengan temuan dari penelitian serupa yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah *online* efektif meningkatkan kbk (Sulaiman, 2013). Hasil penelitian serupa menunjukkan bahwa kbk siswa meningkat setelah pembelajaran dengan menggunakan model *problem based-hybrid learning (Pro-BHL)* dalam pembelajaran fisika (Sujanem et al., 2018). Hal ini juga diperkuat bahwa pembelajaran fisika dengan e-modul fisika berbasis masalah dalam pembelajaran *blended PBL* efektif meningkatkan kbk siswa (Sujanem et al.,

2020; Sujanem et al., 2021). Hal ini sejalan dengan teori skema yang menyatakan bahwa ketika individu merekonstruksi informasi, dia mengadaptasi pengetahuan yang ada dalam pikirannya (Santrock, 2011). Emodul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* menyediakan peluang mengembangkan kbk siswa. Pada e-modul telah dikemukakan contoh-contoh merumuskan masalah kontekstual, cara memberi argumentasi, cara menganalisis data secara induktif, maupun menganalisis masalah secara deduktif berdasarkan konsep-konsep pada sumber-sumber Pustaka atau literatur ilmiah. Melalui Latihan praktikum secara virtual dengan simulasi *PhET* memberi peluang siswa belajar melalui praktikum atau percobaan. Pengemasan materi yang terintegrasi dengan TIK yang dikemas dalam e-modul fisika berbasis masalah berbantuan *PhET* ini dapat memberikan peluang bagi pencapaian jenjang pendidikan yang lebih tinggi.

Implementasi dari e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* adalah pembelajaran kontekstual dan bermakna bagi siswa. Hal ini sejalan dengan teori skema yang menyatakan bahwa ketika seseorang merekonstruksi informasi, orang beradaptasi dengan pengetahuan sebelumnya yang sudah ada dalam pikirannya (Santrock, 2011). Selain itu, salah satu teori belajar yang menekankan pentingnya pembelajaran bermakna adalah konstruktivis teori yang menyatakan bahwa peserta didik harus menemukan dan mentransformasikan informasi yang kompleks jika mereka ingin informasi untuk menjadi mereka sendiri, dengan mempertimbangkan informasi baru terhadap aturan lama dan mengubah aturan ketika mereka tidak lagi berguna (Slavin, 2009). Berfokus pada teori konstruktivis, peran guru dalam pembelajaran hanya sebagai fasilitator. Penerapan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam pembelajaran Fisika menekankan bahwa siswa harus secara aktif membangun sendiri pengetahuan dan pemahaman. Untuk membangun informasi yang bermakna dan relevan bagi siswa, guru harus memberikan kesempatan kepada siswa untuk menemukan atau menerapkan ide-ide mereka sendiri, dan secara sadar menerapkan strategi mereka sendiri untuk belajar. Dengan demikian, pencapaian hasil belajar yang berkaitan dengan kbk pada dasarnya didukung oleh landasan teoritis rasional. Seperti data *pretest* dikemukakan di atas, kbk siswa adalah 31,0 dengan kategori kurang. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya (Sujanem et al., 2018, Sujanem & Suwindra, 2020, Sujanem, 2017), yang juga menunjukkan bahwa kbk siswa SMAN Negeri di kota Singaraja termasuk kategori kurang. Temuan kbk siswa sebelum pembelajaran dengan menggunakan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* ini kontradiktif dengan manfaat penting kbk seperti diungkapkan oleh Iakovos (2011), yaitu berpikir kritis mempunyai peranan yang penting dalam pendidikan dan merupakan tujuan utama dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh bahwa secara umum kbk siswa meningkat sebesar 0,6. Ketika digunakan peningkatan ternormalisasi (N-gain), peningkatan kbk adalah sama dengan 0,6 peningkatan ini termasuk kategori sedang.

Berdasarkan hasil uji perbedaan rata-rata antara *pretest* dan *posttest* menggunakan uji-t berpasangan seperti yang dikemukakan di atas, ditemukan bahwa penerapan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dapat meningkatkan kbk siswa secara signifikan, pada  $\alpha = 0,05$ . Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penggunaan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam *PBL online* termasuk efektif. Hal ini sejalan dengan temuan Eldy & Sulaiman (2019) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah *online* efektif meningkatkan kbk. Hal ini menunjukkan bahwa belajar melalui e-modul fisika kelas XI berbasis masalah dalam model *PBL online* mampu mengembangkan kbk siswa. Selain itu, Hasil penelitian Elnethra dan Sulaiman (2013) mengungkapkan bahwa *PBL online* dapat meningkatkan kbk. Menurut Ennis (2012), Kbk meliputi merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan deduksi, melakukan induksi, melakukan evaluasi, memutuskan dan melaksanakan. Pengintegrasian ICT dalam dunia pendidikan, khususnya berkaitan dengan kemasan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* membawa revolusi baru dan memberi peluang pencapaian kbk dan hasil belajar yang lebih tinggi. Selanjutnya, model *PBL* secara online adalah cara yang efektif untuk menghasilkan berbagai keterampilan penting seperti keterampilan komunikasi, kerja tim,



pembelajaran berbasis penyelidikan, pembelajaran sejawat, manajemen proyek, inovasi kolaboratif dan individu dan kreativitas (Lim et al, 2018). Selain itu, hasil penelitian mengungkapkan bahwa kbk meliputi merumuskan masalah, memberikan argumen, melakukan deduksi, melakukan induksi, memutuskan dan melaksanakan (Ennis, 2018; Serevina et al., 2018). Pengintegrasian ICT dalam dunia pendidikan, khususnya berkaitan dengan kemas model pembelajaran berbasis *online* membawa revolusi baru dan memberi peluang pencapaian kbk dan hasil belajar yang lebih tinggi.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil di atas ada beberapa kesimpulan yang bisa ditarik seperti berikut. (1) E-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online* mampu meningkatkan secara efektif kbk siswa kelas XI MIPA SMA. (2) Peningkatan kbk telah meningkat dengan *N-gain* 0,6 termasuk kategori tingkat sedang. Berdasarkan hasil uji-t berpasangan menunjukkan bahwa kbk siswa telah meningkat secara signifikan dengan  $\alpha = 0,05$  setelah mereka mendapat pembelajaran yang menerapkan e-modul fisika kelas XI berbasis masalah berbantuan *PhET* dalam model *PBL online*.

#### Ucapan Terimakasih

Kami tim peneliti menghaturkan banyak terimakasih kepada yth. Kepala sekolah SMA Negeri 1 dan SMA Negeri 2 Singaraja, yang telah memberikan izin pelaksanaan penelitian dengan nomor surat kontrak penelitian Nomor: 939/UN48.16/LT/2022. Kami juga menghaturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bpk/Ibu Guru Fisika SMA Negeri 1 dan SMA Negeri 2 Singaraja sebagai tim pelaksana penelitian..

#### Daftar Pustaka

- Aufa, M. N., Rusmansyah, R., Hasbie, M., Jaidie, A., & Yunita, A. 2021. The effect of using e-module model problem based learning (pbl) based on wetland environment on critical thinking skills and environmental care attitudes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(3), 401-407. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i3.732>
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach, ninth edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Brooks, J.G. and Brooks, M.G. (2001). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development
- BSNP. (2006). *Standar isi untuk satuan pendidikan dasar dan menengah*. Jakarta : BSNP
- Donnelly, R. & McSweeney, F. (2009). *Applied e-learning and e-teaching in higher education*. New York: Information Science Reference (an imprint of IGI Global).
- Eldy, F.E., & Sulaiman, F. (2013). The Role of PBL in Improving Physics Students' Creative Thinking and Its Imprint on Gender. *International Journal of Education and Research*, 1(6), 1-10.
- Elnetthra, F.E. and Sulaiman, F. (2013 ).The Role of PBL in improving physics students' creative thinking and its imprint on gender. *International Journal of Education and Research* 1 1-10
- Ennis, R. H. 2012. *The nature of critical thinking: outlines of critical thinking dispositions and abilities*. Retrieved from [http://www.criticalthinking.net/long\\_definition.html](http://www.criticalthinking.net/long_definition.html).
- Finkelstein, N.D., Adams, W., Keller, C.J., Kohl, P., Podolefsky, N., & Reid. (2005). "When learning about the real world is better done virtually: A Study of substituting computer simulation for laboratory equipment". *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*. Tersedia pada di <http://prst-per.aps.org/abstract/PRSTPER/v1/i1/e010103>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. E. (2012). *How to design and evaluate research in education (7th ed.)*. New York: McGraw-Hill.

- Gurriá, A. (2019). *Programme for international student assessment 2 PISA 2018 results in focus* (OECD Secretary-General)
- Hake, R. R. (1999). Interactive-engagement versus traditional methods: a six-thousand student survey of mechanics test data. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64–74.
- Hopfenbeck, T. N., Lenkeit, J., El Masri, Y., Cantrell, K., Ryan, J., & Baird, J. A. 2018. Lessons learned from PISA: A systematic review of peer-reviewed articles on the programme for international student assessment. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(3), 333–353. <https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1258726>
- Ibrahim, M., & Nur, M. (2004). *Pembelajaran berdasarkan masalah*. [Problem based learning]. Unesa-University Unesa-University Press. Surabaya.
- Joyce, B. Weil, M. Calhoun, E. (2009). *Model of Teaching*. Alyn and Bacon. United State of America.
- Kerlinger, F.N. (2000). *Asasa-asas penelitian Behavioral. Terjemahan : Foundation behavioral research, oleh L Simatupangh, L., R. & Koesoemanto, H.J.* Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Lawson, A.E. (1998). *Science Teaching and The Development of Thinking*. California: Wadworth Publishing Company.
- Lim, B. C. Y., Liu, L. W. L., and Choo, C. H. (2020). "Investigating the effects of interactive e-book towards academic achievement," *Asian Journal of University Education*, 16(3), 78-88.
- Liu, M. (2005). Alien Rescue: A Problem-Based Learning Environment for Middle School Science. <http://tip.missouri.edu/tip.nsf/0/D03C1427DD93E76F86256BE7007FB59F?OpenDocument>
- Misbah, M., Mahtari, S., Wati, M., & Harto, M. 2018. Analysis of Students' Critical Thinking Skills in Dynamic Electrical Material. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 1(2), 103-110.
- Montgomery, D.C. (2001). *Design and analysis of experiment*. 5th edition. Ne York: John Wiley & Sons
- Oliveras, B., Márquez, C., & Sanmartí, N. 2013. The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes. *International Journal of Science Education*, 35(6), 885–905. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.586736>
- Partnership For 21 St Century Skills, 2009. P21 Framework Definition. Retrieved from [http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21\\_Framework\\_Definitions\\_New\\_Logo\\_2015.pdf](http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf)
- Pursitasari I D and Permanasari A **2012** Model integrated problems solving based learning padaperkuliahan dasar-dasar kimia analitik [Integrated problem solving based learning model on lectures of analytical chemistry basics] *Jurnal Ilmu Pendidikan* **18** 172-178.
- Puspitasari, D. (2019). Development of student worksheets based on problem based learning in static fluid. *Proceeding of the First International Graduate Conference (IGC)*, 379–385. <https://doi.org/10.4108/eai.3-10-2018.2284387>
- Rachman, A., Sukrawan, Y., & Rohendi, D. (2019). Penerapan model blended learning dalam peningkatan hasil belajar menggambar objek 2 dimensi. *Journal of Mechanical Engineering Education*, 6(2), 145–152. <https://doi.org/10.17509/jmee.v6i2.21784>
- Riani, E. D., Sadia, I W., & Swasta, I. B. J. 2014. Pengaruh model pembelajaran Sains Teknologi Masyarakat (STM) dalam pembelajaran biologi bermuatan karakter terhadap keterampilan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah siswa SMA. *E-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha*. 4: 1 - 12. Tersedia pada [http://oldpasca.undiksha.ac.id/e-journal/index.php/jurnal\\_ipa/article/view/1299](http://oldpasca.undiksha.ac.id/e-journal/index.php/jurnal_ipa/article/view/1299). Diakses 29 Januari 2019.

- Saminan, N. F., Gani, A., & Safitri, R. 2016. Peningkatan keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah siswa dengan menggunakan model cooperative inquiry labs (CIL) pada materi suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. 4(2): 171 – 179. Tersedia pada <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JPSI/article/view/6595>. Diakses 29 Januari 2019.
- Santrock, J.W. (2011). *Educational psychology, 5th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Serevina, V, et al., (2018). E-Module Based on Problem Based Learning (PBL) on Heat and Temperature to Improve Student's Science Process Skill. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17 (3), 26-36.
- Slavin, R.E. (2009). *Educational psychology theory and practice* Eight edition (Bostond: Pearson)
- Sugiyono. (2012). *Metode penelitian pendidikan: pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sujanem, R., Suwindra, INP, Suswandi, I. (2022). Pengembangan E-Modul Fisika Kelas XI Berbasis Masalah berbantuan *PhET* dalam *PBL Online* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Laporan Kemajuan Penelitian dana DIPA Undiksha tahun 2022*.
- Sujanem, R., Suwindra, INP, Suswandi, I. (2021). Pengembangan E-Modul Fisika berbantuan *PhET* dalam *PBL Online* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X SMA di kota Singaraja. *Laporan Penelitian dana DIPA Undiksha tahun 2021*.
- Sujanem, R., Suwindra, INP. (2020). Efektivitas E-Modul Sukaberma dalam Ujicoba Terbatas untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMAN 2 Singaraja. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Riset Inovatif (Senari) 7 Undiksha pada Tanggal 20 Oktober 2020
- Sujanem, R., Suwindra, INP, Suswandi, I. (2020). The Effectiveness of Problem-Based Interactive Physics E-Module On High School Students' Critical Thinking. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf.* **1503** (2020) 012025
- Sujanem, R., Poedjastuti, S., & Jatmiko, B. 2018. The Effectiveness of problem-based hybrid learning model in physics teaching to enhance critical thinking of the students of SMAN. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sujanem, R. (2017). Pengaruh Model Problem-Based Hybrid Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMAN 1 Singaraja. *Prosiding Seminar Nasional Tahun 2017*. "Pemanfaatan Asesmen Elektronik dan Hasil Penelitian Sains, Bagi Guru Tenaga Kependidikan, dan Peneiti untuk menjawab tantangan MEA". Universitas Negeri UNESA, 14 Januari 2017.
- Sulaiman, F. & Elnetthra, F. E. (2014). Integrated PBL approach: findings towards physics students' critical thinking. *International Journal for Innovation Education and Research*, 2 (02), 75-81.
- Swan, J.G. (2017). The Challenges of Online Learning Supporting and Engaging the Isolated Learner. *Journal of Learning Design*.
- Suparno, P. (2005). *Miskonsepsi & perubahan konsep pendidikan fisika*. Jakarta: Grasindo.
- Trilling, B., & Fadel, C. 2009. *21st century skills: Learning for life in our times*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons.
- Wannapiroon, P. (2008). Development of problem-based blended learning in developing undergraduate students' critical thinking. *Journal of ICT to Improve Learning*, 1 (2).1-7.