



Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: *Embedded Experimentalmodel*

Muh. Tawil^{1✉}, Sukarna²

Universitas Negeri Makassar, Indonesia^{1,2}

e-mail : muh.tawil@unm.ac.id¹, sukarna@unm.ac.id²

Abstrak

Pada saat covid-19 dan minimnya alat praktikum di laboratorium IPA sehingga mahasiswa tidak dapat melakukan praktikum manual, masalah ini dapat diatasi dengan menerapkan software simulasi komputer. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kreativitas mahasiswa semester ganjil tahun 2021/2022 sebanyak 120 orang, terdiri dari kelompok 1 eksperimen (n = 60) dan kelompok 2 kontrol (n = 60) program studi pendidikan IPA Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar. Desain penelitian *embedded experimentalmodel* dengan metode pengambilan sampel secara random. Instrumen terdiri dari lembar observasi, angket, dan tes kreativitas yang valid dan nilai reliabilitas berturut-turut sebesar 99 persen, 98 persen, dan 98 persen. Hasil penelitian ditemukan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan peningkatan kreativitas antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Mahasiswa dalam kelompok eksperimen juga menunjukkan respon positif menggunakan *software* simulasi komputer dan sangat membantu dosen dalam pembelajaran. Temuan mendukung gagasan bahwa mahasiswa pendidikan IPA harus dilatih dalam penggunaan *software* simulasi komputer untuk meningkatkan kreativitasnya. Ini menempatkan sebuah tanggung jawab dari pihak berwenang pendidikan untuk pengadaan *software* simulasi komputer untuk digunakan dalam belajar IPA di perguruan tinggi.

Kata Kunci: *software*, simulasi komputer, kreativitas, *embedded experimentalmodel*.

Abstract

During Covid-19 and the lack of practical tools in science laboratories so that students cannot carry out manual practicals, this problem can be overcome by implementing computer simulation software. This research aims to investigate the creativity of 120 students in the odd semester of 2021/2022, consisting of experimental group 1 (n = 60) and control group 2 (n = 60) from the Science education study program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University Makassar. Embedded experimental model research design with random sampling method. The instrument consists of interview sheets, observation sheets, questionnaires and valid and reliability values are 99 percent, 98 percent and 98 percent respectively creativity tests. The research results found that there was a significant difference in increasing creativity between the experimental group and the control group. Students in the experimental group also showed a positive response to using computer simulation software and really helped the lecturer in learning. The findings support the idea that science education students should be trained in the use of computer simulation software to enhance their creativity. This places a responsibility on educational authorities to procure computer simulation software for use in science learning in tertiary institutions.

Keywords: *software*, computer simulation, creativity, *embedded experimental model*.

Copyright (c) 2024 Muh. Tawil, Sukarna

✉ Corresponding author :

Email : muh.tawil@unm.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>

ISSN 2656-8063 (Media Cetak)

ISSN 2656-8071 (Media Online)

PENDAHULUAN

Pada saat covid-19 dan minimnya alat-alat praktikum IPA, khususnya alat-alat praktikum partikel-partikel elementer, misalnya atom hidrogen, inti atom, hamburan Rutherford, dan difraksi atom menyebabkan mahasiswa kesulitan melakukan praktikum, dilain pihak topik-topik tersebut sangat urgen di pahami dan dikuasai mahasiswa. Mata kuliah interaksi antar faktor fisis yang memuat topik-topik tersebut salah satu mata kuliah wajib di program studi pendidikan IPA FMIPA Universitas Negeri Makassar. Kompetensi yang diharapkan adalah mahasiswa memahami secara bermakna konsep-konsep interaksi inti atom, banding energi, models atom hidrogen, efek foto listrik, energi potensial atom, difraksi elektron, hamburan Rutherford, dan quantum bound states, dan memanfaatkannya dalam kehidupan sehari-hari dengan menerapkan prinsip-prinsip dasar fisika moderen. Hal ini mengisyaratkan bahwa pembelajaran interaksi antar faktor fisis hendaknya menjadikan mahasiswa tidak sekedar tahu dan hafal tentang prinsip-prinsip dasarnya, melainkan harus menjadikan mahasiswa untuk mengerti dan memahami konsep-konsep tersebut dan menghubungkan keterkaitan suatu konsep-konsep yang lain dan kaitannya dengan kehidupan sehari-hari dan mampu menghasilkan produk bernilai ekonomis.

Untuk dapat mencapai kompetensi yang diharapkan semestinya mahasiswa memiliki pengetahuan awal yang baik untuk mengikuti pembelajaran interaksi antar faktor fisis. Pengetahuan awal dalam hal ini adalah memahami secara bermakna materi kuliah tersebut dan memiliki kemauan menyiapkan diri sendiri untuk belajar. Namun, dalam pembelajaran interaksi antar faktor fisis, pemahaman relatif sulit diwujudkan. Hal ini disebabkan karena materinya memiliki sifat: 1) sulit dibayangkan, 2) tak dapat diobservasi secara langsung, 3) menantang secara matematika, 4) counter intuitive, dan 5) abstrak (Abdulwahed& Nagy, 2011; Amin& Ikhsan, 2021; Alghafri& Ismail, 2014; Aloqaili, 2012; Alrawili., Kamisah & Saeed 2020; An., Song & Carr, 2016; Arista& Kuswanto, 2018;Arlini., Humairah & Sartika, 2017).

Hal inilah yang menyebabkan mahasiswa sulit memahami materinya dan frustrasi untuk membangun model-model mental dan juga menyebabkan mereka tidak dapat dihubungkan dengan kehidupan sehari-hari (Aşkın& Öz, 2020; Cho, 2017; D'Souza, 2021; Fuadi., Sumaryanto & Lestari, 2015; Gunawan et al, 2019; McKagan et al, 2008). Dilaporkan hasil penelitian (Guswita et al, 2018; Hu et al, 2016; Harlen&Elstgeest, 1993; Ridong, 2016): 1) kreativitas mempunyai sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran tradisional pada umumnya, 2) kreativitas menunjukkan kefasihan yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran tradisional pada umumnya, 3) Perendaman dalam realitas virtual menunjukkan sensitivitas tertinggi, dan 4) Interaksi dalam realitas virtual menyajikan kefasihan tertinggi pada pembelajaran kreativitas.

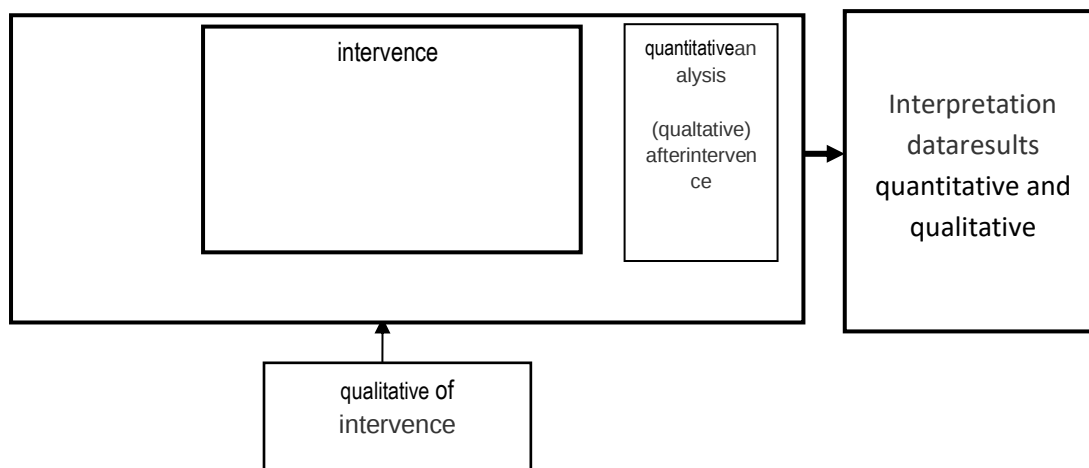
Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan peneliti pada tahun 2012 diperoleh bahwa: 1) kesiapan dosen sains baik dari aspek paket pembelajaran maupun media pembelajaran dalam perkuliahan sains adalah dalam kategori rendah. Sebaliknya dengan tingginya kebutuhan mahasiswa terhadap paket pembelajaran, 2) kesulitan dosen dalam pembelajaran interaksi antar faktor fisis berada pada kategori tinggi, 3) kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep-konsep sains berada pada kategori tinggi, 4) materi sains ditinjau secara komprehensif dan berdasarkan kurikulum, 5) dosen dan mahasiswa mengalami kesulitan dalam proses pembelajaran sains yang banyak konsep abstraknya, teoritis, dan matematis, 6) tingkat kelulusan mahasiswa berada pada kategori rendah yaitu lebih rendah dari 60 persen dan 7) fasilitas laboratorium mendukung pembelajaran sains sangat terbatas, terutama terakit struktur atom hidrogen.

Beberapa hasil penelitian dilaporkan bahwa dosen mata kuliah sains dan mahasiswa menghadapi kesulitan dalam memahami konsep abstrak (He & Li, 2020;Heradio et al, 2016;Herga., Glažar & Dinevski, 2015; Harrison et al, 2000;Petri et al, 1998; Taber, 2005). Pada penelitian ini difokuskan mengeksplorasi tingkat kreativitas, apakah terdapat perbedaan kreativitas mahasiswa yang mengikuti pembelajaran dengan menerapkan software simulasi komputer dengan pembelajaran konvensional?.

METODE

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah model experiment embedded (Tawil & Ahamd, 2021) seperti gambar 1.



Gambar 1: Model Eksperimen *Embedded*

Gambar 1, menjelaskan desain secara umum, langkah-langkah penerapan desain ini, yaitu dimasukkan data kualitatif ke dalam desain eksperimen (seperti eksperimen sebenarnya atau eksperimen semu). Prioritas model ini ditentukan oleh metodologi kuantitatif dan eksperimental. Desain ini dapat digunakan pada dua fase, data kualitatif dapat muncul sebelum intervensi, untuk dilakukan intervensi, dikembangkan instrumen, dipilih sampel, dan setelah intervensi (kelompok eksperimen dan kontrol), dijelaskan hasil intervensi atau tindak lanjut hasilnya. Model eksperimen: 1) diputuskan pada titik mana dalam studi eksperimental dikumpulkan data kualitatif (sebelum, selama, atau setelah intervensi). Keputusan ini harus dibuat dengan maksud untuk dimasukkan data kualitatif, atau untuk ditindaklanjuti hasil uji coba eksperimental, 2) sebelum intervensi, diputuskan terlebih dahulu hasil kualitatif mana yang akan digunakan dalam fase kuantitatif dan dipertimbangkan bagaimana merencanakan fase kuantitatif sebelum fase kualitatif dilaksanakan. Pengumpulan data kualitatif harus dirancang secara hati-hati agar dapat mencapai tujuan untuk dikembangkan instrumen atau dibentuk intervensi, 3) berhati-hati selama pendekatan intervensi, karena selama pengumpulan data kualitatif dapat menimbulkan potensi bias penelitian yang berdampak pada hasil eksperimen, 4) pendekatan setelah intervensi, dilanjutkan uji coba untuk dieksplorasi lebih lanjut, dan peneliti menentukan kriteria yang digunakan untuk memilih pengumpulan data tindak lanjut.

Populasi dan sampel

Jumlah populasi seluruh mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah interaksi antar faktor fisis semester ganjil tahun ajaran 2021/2022. Pemilihan sampel dilakukan secara random sampling terdiri dari kelompok 1 eksperimen ($n = 60$), dan kelompok 2 kontrol ($n = 60$) dengan asumsi bahwa karakteristik semua mahasiswa relatif sama.

Teknik Pengumpulan Data dan Pengembangan Instrumen

Teknik pengumpulan data dilakukan beberapa tahapan, yakni:

Tahap Sebelum Intervensi. Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini, yakni: menganalisis rencana perkuliahan semester (RPS) dan silabus mata kuliah interaksi antar faktor fisis

1. RPS dan silabus mata kuliah interaksi antar faktor fisis. Analisis silabus perkuliahan interaksi antar faktor fisis di Jurusan IPA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Makassar. RPS dan silabus ini meliputi dua tahap, yakni analisis materi perkuliahan dan analisis tugas. Analisis materi perkuliahan ditujukan untuk memilih dan menetapkan, merinci dan menyusun secara sistematis materi perkuliahan yang relevan untuk diajarkan berdasarkan standar kompetensi, kompetensi dasar dan indikator yang akan dicapai dalam perkuliahan interaksi antar faktor fisis. Analisis tugas ditujukan untuk mengidentifikasi indikator-indikator utama yang diperlukan pada perkuliahan interaksi antar faktor fisis dan menganalisisnya kesuatu kerangka kreativitas yang akan dikembangkan dalam perangkat pembelajaran dan software simulasi interaktif.

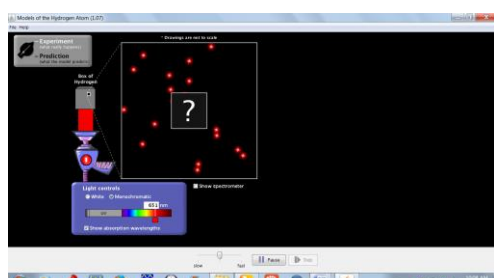
2. menganalisis kebutuhan mahasiswa. Analisis kebutuhan mahasiswa yang mendukung pengembangan pembelajaran software simulasi komputer yang interaktif. Informasi pada tahap ini diperoleh melalui analisis hasil survey awal tentang pelaksanaan pembelajaran interaksi antar faktor fisis.
3. analisis sumber belajar dan fasilitas yang tersedia di program studipendidikanIPA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar. Informasi pada tahap ini diperoleh melalui analisis hasil survey awal tentang sarana/prasarana yang tersedia dalam menunjang pelaksanaan perkuliahan interaksi antar faktor fisis. media pembelajaran. Berdasarkan analisis sumber belajar dan fasilitas tersebut dilakukan pengkajian program simulasi yang dapat dibuat untuk membantu dalam proses pembelajaran interaksi antar faktor fisis.

Tahap perumusan kompetensi: Perumusan kompetensi ditujukan untuk mengkonversikan kompetensi dari analisis materi, dan analisis tugas menjadi sub-sub kompetensi (kompetensi dasar), indikator yang akan dicapai, yang meliputi indikator-indikator kreativitas.

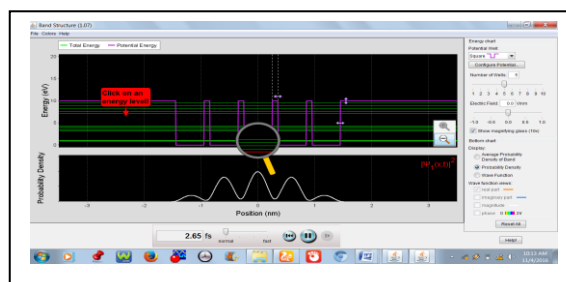
Tahap pengembangan perangkat program simulasi komputer: Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah mengembangkan 1) pembelajaran software simulasi komputer (sintaks, sistem sosial, sistem pendukung, dan dampak instruksional dan pengiring) dengan mempertimbangkan karakteristik kreativitas; 2) perangkat pembelajaran, yang terdiri dari rencana pelaksanaan pembelajaran, lembar kegiatan mahasiswa, pedoman mahasiswa dan pedoman dosen dalam pembuatan program simulasi; dan 3) instrumen penelitian (tes kreativitas, angket, lembar observasi keterlaksanaan) dan kualitatif (karakteristik pembelajaran software simulasi komputer) dengan menggunakan lembar observasi.

Tahap pengembangan program simulasi komputer: Pada tahap ini dikembangkan *story board* program simulasi dengan mempertimbangkan indikator kreativitas dan pemahaman konsep. Berdasarkan *story board* ini dikembangkan program simulasi interaktif dengan menggunakan program Physics Education Technology (PheT) (Wieman et al, 2010). Ada beberapa pertimbangan sehingga memilih program ini dalam membuat simulasi interaktif, yakni 1) mahasiswa sudah familier dengan program, sehingga mereka tidak mengalami kesulitan dalam mengoperasikan; 2) mahasiswa sangat mudah mengaplikasikan program ini; dan 3) telah terjamin lisensinya.

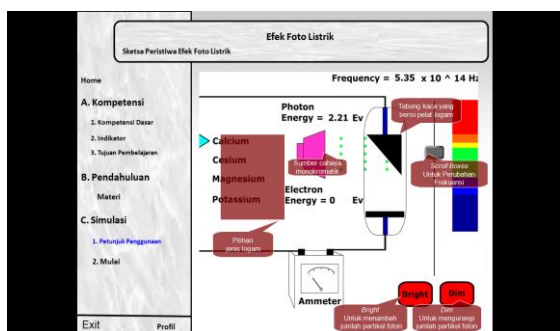
Beberapa ulstrai grafik simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagaiberikut (<http://phet.colorado.edu>, 2021; Hung, & Tsai, 2020; Ichsan et al, 2020; Irwanto & Prodjosantoso, 2020).



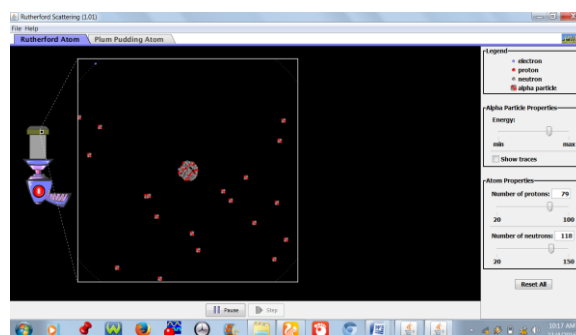
Gambar 2: Simulasi model atom hydrogen



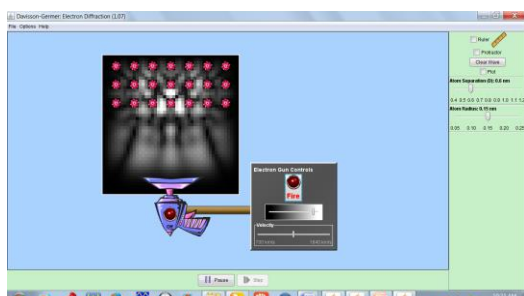
Gambar 3: Simulasi struktur potensial



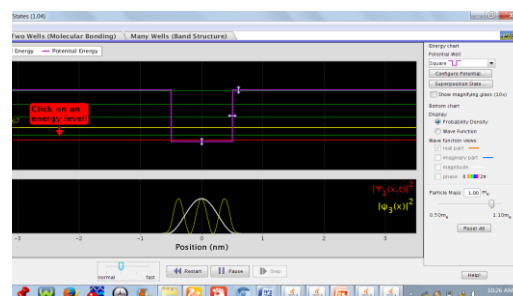
Gambar 4: Simulasi efek fotolistrik



Gambar 5: Simulasi Hamburan Rutherford



Gambar 6: Simulasi difraksi elektron



Gambar 7: Simulasi Quantum Bound States

Tahap Ujicoba Terbatas. Sebelum ujicoba dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pelatihan pada dosen model yang melaksanakan perkuliahan di kelas dan pengamat yang mengamati jalannya proses pelaksanaan perkuliahan di kelas. Adapun tujuan dilakukan kegiatan pelatihan ini agar supaya tidak terjadi bias penelitian. Langkah-langkah pelatihan dosen dan pengamat pada penelitian ini melalui beberapa tahap, yakni:

- 1) mengkaji perangkat pembelajaran, pedoman pembuatan simulasi, dan program simulasi interaktif. Menjelaskan tujuan dari setiap komponen perangkat pembelajaran, pedoman pembuatan simulasi dan program simulasi dan teknik pelaksanaannya.
- 2) mengkaji lembar observasi (lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran berbasis simulasi komputer dan lembar observasi aktivitas mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan. Membacakan setiap komponen-komponen lembar observasi dan menjelaskan maksud dari setiap butir dari komponen tersebut kepada dua orang pengamat.
- 3) mensimulasikan materi interaksi antar faktor fisis dan lembar observasi di dalam laboratorium dengan jumlah mahasiswa 3 orang program studi pendidikan IPA di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar. Dalam pelaksanaan simulasi ini, melaksanakan perkuliahan, mahasiswa memperhatikan proses perkuliahan di dalam laboratorium, sedangkan pengamat mengambil posisi didekat peserta kuliah. Setelah selesai proses perkuliahan, dibahas hasil kegiatan simulasi untuk menyempurnakan pelaksanaan perkuliahan dan pelaksanaan pengamatan.
- 4) Ujicoba materi interaksi antar faktor fisis dan lembar observasi di dalam laboratorium dengan jumlah mahasiswa 3 orang program studi pendidikan IPA di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar. Pelaksanaan simulasi dilakukan di dalam laboratorium, melakukan observasi keterlaksanaan pembelajaran *software* simulasi komputer. Setelah selesai proses perkuliahan, membahas hasil kegiatan simulasi untuk menyempurnakan pelaksanaan perkuliahan dan pelaksanaan pengamatan. Hasil uji coba ditemukan 100% mahasiswa dapat melaksanakan program simulasi interaksi antar faktor fisis.

- 5) Uji coba seluruh perangkat pembelajaran dengan menerapkan pembelajaran berbasis simulasi komputer pada kelas terbatas dengan jumlah mahasiswa 5 orang pada program studi pendidikan IPA di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Makassar. Setelah dilaksanakan uji coba, mendiskusikan hasil uji coba untuk lebih menyempurnakan pelaksanaan perkuliahan. Hasil uji coba ditemukan 100% mahasiswa dapat menggunakan perangkat pembelajaran.

Tahap Implementasi. Mengimplementasikan *software* simulasi komputer pada kelompok eksperimen dengan sintaks: 1) penjelasan topik simulasi, prinsip-prinsip simulasi dan latihan kreativitas, gambaran teknis pembuatan simulasi, 2) memberi kesempatan mahasiswa membuat simulasi, 3) menganalisis hasil simulasi, dan 4) member tugas lanjutan dan melaksanakan evaluasi. Menurut Heinich et al., (1985) yang menyatakan bahwa “ *computer system can delivery instructin by allowing them to interact with the lesson programed into the system; that is refered to computer based instruction*”. Pada kelompok control diterapkan pembelajaran konvensional dengan sintaks: 1) menyampaikan tujuan pembelajaran dan mempersiapkan peserta didik, 2) mendemonstrasikan pengetahuan dan keterampilan, 3) membimbing pelatihan, 4) mengecek pemahaman dan memberikan umpan balik, dan 5) memberikan latihan dan penerapan konsep. Menurut (Abraham and Renher, 1986) “.. *in traditional approach the students are first informed of what they are expected to know. The informing is accomplished via texbook, a motion picture, a teacher or some other type of media. Next, some type of proof is offered to the students in order for them to verify that what they have been told or shown is true. Finally, the students answer question or engage in some other from practice with the new information.*” serta mengumpulkan data kuantitatif maupun data kualitatif.

Tahap Interpretasi. Pada tahap ini seluruh data kuantitatif dan kualitatif serta interpretasi analisis diinterpretasikan untuk menarik kesimpulan dan melaporkan hasil penelitian. Subyek penelitian ini adalah seluruh mahasiswa tahun akademik 2021/2022 pada program studi pendidikan IPA di salah satu Universitas Negeri di Sulawesi Selatan yang pada saat percobaan mereka mengambil perkuliahan interkasi antara faktor fisis. Instrumen dalam penelitian ini adalah lembar wawancara, lembar observasi, angket, dan tes kreativitas.

Keterampilan berpikir untuk meningkatkan kreativitas; berpikir secara bebas dan penanggungan penilaian merupakan metode yang efektif untuk meningkatkan pemikiran kreativiatas individu atau kelompok, di mana orang mengeluarkan pendapat mereka dalam suasana yang menyenangkan dan intim dan memperoleh kreativitas dalam jumlah besar dalam waktu singkat melalui pemikiran kelompok dan stimulasi pendapat (Floropoulos et al., 2010; Karamustafaoğlu, 2011; Kashani-Vahid, et al., 2017; Lebuda., Zielińska & Maciej, 2021; Rothes et al., 2014). Beberapa hasil penelitian dilaporkan bahwa: 1) pengajaran berbasis web yang sinkron akan mempengaruhi gaya berpikir, 2) pengajaran berbasis web yang sinkron akan mempengaruhi kreativitas, 3) gaya berpikir menunjukkan efek positif terhadap kreativitas (Luo et al., 2020; Maulidah & Prima, 2018; Maharani., Satriawati & Musyirifah, 2020; Ping-Hong, 2016). Ekmekci (2015), menyajikan studi kasus yang membandingkan efektivitas aktivitas pembelajaran berbasis komputer versus praktik langsung dalam mempelajari rangkaian listrik, ditemukan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan kreativitas siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

Tahap pengembangan Instrumen. Instrumen tes kreativitas terdiri dari 50 soal, dengan skor 0 atau 1, angket respon sebanyak 6 butir dan lembar obesrvasi terdiri dari 10 item. Analisis koefisien konsistensi internal tes menggunakan analisis Gregory dan data SPS siswa dan guru analisis menggunakan analisis deskriptif dan inferensial dengan SPSS 21.

Analisis validasi menggunakan analisis Gregory (Tawil & Ahmad, 2021) seperti pada Tabel 1. Untuk menghitung nilai koefisien konsistensi internal (internal validation) menggunakan (1), dan untuk menentukan kategori pada Tabel 1. Hasil validasi menunjukkan bahwa tes kreativitas, dan angket tanggapan yang masing-

masing nilai validasi internalnya lebih besar dari 0,8 termasuk kategori tinggi, hal ini layak digunakan dalam penelitian.

Tabel 1. Tabulasi Analisis Validasi Gregory's

	Expert Assessment	
	(1 or 2) score	(3 or 4) score
weak relevance expert assessment (item is worth 1 or 2)	A	B
strong relevance expert assessment (item is worth 1 or 2)	C	D

$$\text{Koefisien konsistensi Internal (Internal validation)} = \frac{D}{A + B + C + D} \quad (1)$$

Keterangan:

A = Keduapaka memberikan relevansi yang lemah

B = Pakar pertama memberikan relevansi yang kuat

Pakar kedua memberikan relevansi yang lemah

C = Pakar pertama memberikan relevansi yang lemah

Pakar kedua memberikan relevansi yang kuat

D = Keduapaka memberikan relevansi yang kuat

Tabel 2. Kategori Validasi Isi

Interval	Kategori
> 0,8	Tinggi
0,4-0,8	Sedang
< 0,4	Rendah

Analisis reliabilitas tes kreativitas, lembar observasi, dan angket. Untuk menghitung persentase kesepakatan antara dua penilai yang datanya hanya “ya” atau “tidak”, digunakan rumus (2) (Tawil & Ahmad, 2021). Hasil analisis reliabilitas masing-masing sebesar 99 persen, 98 persen, dan 98 persen; yang lebih besar dari batas bawah koefisien reliabilitas 0,75, artinya seluruh instrumen penelitian reliabel.

$$\text{Percentage of Agreement} = \frac{\text{Agreement}}{\text{Disagreement} + \text{Agreement}} \times 100\% \quad (2)$$

Skor normalisasi-gain (n-gain) didapatkan dengan menggunakan persamaan (3) dan kategorinya menggunakan Tabel 3 (Lestari et al., 2021).

$$\text{normalized gain (g)} = \frac{x_m - x_n}{100 - x_n} \quad (3)$$

Keterangan:

normalized gain (g)

X_m is posttest

X_n is pretest

Table 3. Kategori Normalized Gain

Interval	Kategori
$g > .7$	Tinggi
$.3 \leq g \leq .7$	Sedang
$g < .3$	Rendah

Teknik Analisa Data

Analisis data dilakukan dengan dua cara, kuantitatif dan kualitatif. Untuk menjawab hasil tes kreativitas, itu digunakan analisis statistik deskriptif dengan uji normalisasi N-gain. Selain itu, untuk memperjelas interpretasi hasil analisis, akuisisi data juga dijelaskan dalam bentuk diagram. Untuk pelaksanaan penelitian, yang dominan yaitu analisis silabus interaksi antar faktor fisis dan kegiatan mahasiswa adalah kualitatif dan telah tersirat dalam seluruh rangkaian kegiatan yang dilakukan di setiap tahap penerapan program simulasi komputer dalam pembelajaran berbasis simulasi komputer. Analisis ini dilakukan pada semua komponen dari penerapan program simulasi komputer dalam pembelajaran software simulasi komputer yang seperti dilakukan oleh Joice., Weil & Showers (sintaks, sistem sosial, prinsip-prinsip reaksi, sistem pendukung, dan dampak instruksional dan pengiring). While, quantitative data of the program will be analyzed using inferential statistics (Frankel & Wallen, 2009; Martuningsi., Situmorang & Hastuti, 2018; Maryeni et al., 2020; Marzhan et al., 2022; Meiarti & Ellianawati, 2019; Mubarak & Mulyaningsih, 2014; Mnguni & Mokiwa, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Karakteristik Penerapan Software Simulasi Komputer

Penerapan *software* simulasi komputeryang dilengkapi dengan perangkat pembelajaran dan instrumennya didasarkan pada pengembangan pembelajaran menurut (Joyce & Showers, 1992; Muñoz-Martínez et al., 2022; Nulhakim., Setiawan & Saefullah, 2020; Patphol, 2022;Peciuliauskiene., Tamoliune & Trepule, 2022; Penn & Mavuru, 2020):1) Sintaks: a) orientasi, b) latihansiswa, c) pemantapan, d) evaluasi, 2) sistem Sosial: terjadinya kerjasama antar mahasiswa dengan mahasiswa dan mahasiswa dengan dosen secara bersungguh-sungguh melaksanakan aktivitas dalam pembelajaran, 3) prinsip Pengelolaan: dalam pembelajaran ini, dosen berperan sebagai pemberi kemudahan atau fasilitator. Dalam keseluruhan proses simulasi, pengajar bertugas dan bertanggungjawab atas terpeliharanya suasana belajar dengan cara menunjukkan sikap yang mendukung, 4) sistem pendukung: sarana yang untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran (komputer, dan perangkat pembelajaran), 5) dampak instruksional dan pengiring: dampak instruksional: kreativitas, dan dampak pengiringnya adalah kemampuan mengembangkan *software* simulasi interaksiantarfaktor fisis.

Penerapan *software* simulasi komputer dengan mengikuti sintaks-sintaks pembelajaran yang telah dibuat. Implementasi pembelajaran ini diharapkan dapat meningkatkan kreativitas mahasiswa pada materi interaksi antar faktor fisis.

Karakteristik Peningkatan Kreativitas Mahasiswa

Rata-rata N-gain kreativitas mahasiswa pada materi interaksi antar factor fisis kelas eksperimen sebesar 0,89 termasuk dalam kategori tinggi dan pada kelas kontrol sebesar -0,10 (skor awal lebih tinggi dari skor akhir) termasuk dalam kategori rendah. Rata-rata N-gain kreativitas mahasiswa pada setiap topik interaksi antar factor fisis seperti yang ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata N-gain kreativitas Setiap Topik Interaksi antar faktor fisis

No.	Topik	Rata-rata N-gain Kreativitas Pada Topik					
		Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
		T	S	R	T	S	R
1.	Radiasi benda hitam	0.94	-	-	-	-	-0.70
2.	efekfoto listrik	0.99	-	-	-	-	-0.22
3.	Model atom	0.97	-	-	-	-	-0.40
4.	Persamaan	0.74	-	-	-	-	0.01

Schrödinger

Keterangan T=tinggi, S= sedang, R=rendah

Selanjutnya rata-rata N-gain pada setiap indikator kreativitas mahasiswa seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata N-gain Pada Setiap Indikator Kreativitas

No.	Indikator Kreativitas	Rata-rata N-gain Indikator Kreativitas					
		Kelas Eksperimen			Kelas Kontrol		
		T	S	R	T	S	R
1.	Fluency	0.93	-	-	-	-	-0.29
2.	Flexibility	-	0.97	-	-	-	-0.50
3.	Originalty	0.95	-	-	-	-	-0.40

Keterangan : T= tinggi; S = sedang; dan R=rendah

Hasil pengujian normalitas, homogenitas dan uji-t seperti Tabel 6-8 dengan menggunakan nilai $\alpha=0.05$. Uji-t kreativitas menggunakan uji dua arah dengan varian sama dengan nilai $t_{\text{tabel}} = 2,021$.

Tabel 6. Rangkuman Hasil Normalitas Kelas Kontrol

Aspek	N	Mean N-gain	standard deviation	Nilai Prob.	Kesimpulan
Kreativitas	120	-0.10	0,17	>0.10	Normal

Skor n-gain pada kelompok kontrol termasuk berdistribusi normal dengan nilai prob.> 0.10

Tabel 7. Rangkuman Hasil Uji Normalitas Kelas Eksperimen

Aspek	N	Mean N-gain	standard deviation	Nilai Prob.	Kesimpulan
Kreativitas	120	0.89	0.18	>0.10	Normal

Skor n-gain pada kelompok eksperimen termasuk berdistribusi normal dengan nilai pro > 0.10

Tabel 8. Rangkuman Hasil Homogenitas dan Uji-t

Aspek	N	F	Sig.	Kesimpulan	Sig.(2- tailed)	t_{hitung}	Kesimpulan
Kreativitas	38	0.04	0.84	Homogen	0.00	24.12	Terdapat perbedaan

Sampel penelitian memenuhi syarat berdistribusi normal dengan $F = 0.04 < \text{sig. } 0.84$. Terdapat perbedaan kreativitas kelompok eksperimen dengan kelompok kontrol dengan nilai $\text{sig. (2-tailed)} = 0.00 < t_{\text{(hitung)}} = 24.12$

Karakteristik Tanggapan Mahasiswa dan Dosen IPA

Respon mahasiswa terhadap komponen software simulasi komputer: ketertarikan 79%; kebaharuan 73%; kemudahan 67%; pemahaman 75% , penerapan 75%; dan kejelasan 80%. Respon dosen terhadap software simulasi komputer sangat positif. Dosen tidak mengalami hambatan-hambatan dalam mengoperasikan software simulasi, mempersiapkan waktu, dan pemberian tugas-tugas.

Menurut dosen keuntungan yang dapat diperoleh melalui penerepan software simulasi komputer yakni mahasiswa cepat memahami konsep-konsep yang telah diajarkan dan cepat mengalami perkembangan kreativitas. Hasil evaluasi direkam di *flash disc* sehingga sistem evaluasinya sangat praktis, efektif dan efisien.

Komentari dari dosen pengampu interaksi antar faktor fisis menyatakan bahwa pembelajaran ini merupakan salah satu bentuk pembelajaran yang sarat dengan inovasi-inovasi pembelajaran yang sangat baru dan program simulasi yang ditampilkan sangat interaktif.

Pembahasan

Pembelajaran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penerapan *software* simulasi komputer yang terdiri dari sintaks pembelajaran: pendahuluan, inti pembelajaran, pemantapan dan penutup); sistem sosial: terjadinya kerjasama antar mahasiswa dan dosen; prinsip pengelolaan/reaksi: dosen berperan sebagai fasilitator; sistem pendukung: sarana pendukung pelaksanaan pembelajaran terdiri dari komputer dan perangkat pembelajaran dan dampak instruksional terdiri dari kreativitas dan pengiring: kemampuan membuat keputusan dan empati.

Temuan ini sesuai dengan pengembangan pembelajaran Joyce & Showers (1992) yang menekankan pada aspek: 1) sintaks (fase-fase pembelajaran); 2) sistem sosial yang menekankan aspek kerjasama antara mahasiswa dengan mahasiswa dan mahasiswa dengan dosen secara bersungguh-sungguh melaksanakan aktivitas dalam pembelajaran berbasis simulasi komputer; 3) prinsip pengelolaan/ reaksi, menekankan aspek dosen sebagai pemberi kemudahan atau fasilitator dalam proses pembelajaran di kelas; 4) dampak instruksional dan pengiring yang menekankan pencapaian dampak instruksional seperti kreativitas.

Dampak pengiringnya adalah kemampuan mahasiswa melakukan kerjasama antara teman-teman kelompoknya, melatih kejujuran mahasiswa dalam melaporkan hasil-hasil simulasi yang telah mereka buat sendiri, melatih membuat keputusan dan empati sesama teman dan kepada dosen.

Software simulasi komputer yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan program Simulasi *Physics Education Technology* (PhET). *Software* ini berisi beberapa perangkat pembelajaran yakni materi interaksi antar faktor fisis, pedoman membuat program simulasi bagi mahasiswa dan dosen, 15 jenis program simulasi interaksi antar faktor fisis, lembar kerja mahasiswa, dan rencana pelaksanaan pembelajaran.

Pemilihan program simulasi dengan pertimbangan bahwa program ini sudah ada pada banyak mesin komputer; penggunaannya sangat mudah dan sudah familier kalangan mahasiswa; dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran di kelas terutama dalam mengembangkan kreativitas mahasiswa; mudah diakses oleh mahasiswa; program simulasi-interaktif mudah dioperasikan oleh dosen dan mahasiswa karena program simulasinya sederhana; jelas petunjuk penggunaannya; program simulasinya dapat dilatihkan kepada peserta didik dan pengajar dalam waktu satu sampai dua hari dan dapat dibuat sendiri oleh peserta didik dan pengajar.

Hal ini sesuai dengan prinsip penerapan *software* simulasi komputer yang dikemukakan oleh (Heinrich et al., (1985; Coburn, 1985; Puozzo & Audrin, 2021; Prihatiningtyas. Praswoto & Jatmiko, 2013; Rahmawati, Nur & Sentot, 2019; Ramdani et al, 2021; Ruqoyyah. Fatkhurrohman & Arfiani, 2020; Rusli et al., 2021; Said, Tawil, & Rusli, 2020) bahwa sistem *software* simulasi komputer dapat menyampaikan isi materi pembelajaran kepada peserta didik secara langsung baik dalam individu maupun kelompok dengan cara berinteraksi dengan materi pelajaran yang diprogramkan ke dalam sistem komputer; dapat menampilkan berbagai fakta, konsep dan mudah diakses dan dioperasikan oleh peserta didik dan pengajar.

Kelemahan-kelemahan dengan menggunakan *software* tidak dapat mengembangkan aspek afektif dan psikomotor mahasiswa; memerlukan banyak komputer; mahasiswa harus memiliki pengetahuan dasar mengoperasikan program. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh (Heinrich et al., 1985; Lateheru, 1988; Saputra, Susilawati & Verawati, 2020; Setiawan et al., 2020; Sinulingga, Hartanto & Santoso, 2016; Susantini et al., 2016; Suryandari, Rokhmaniyah & Wahyudi, 2021; Topalsan, 2020) bahwa dengan menerapkan *software* sebagai media pembelajaran memiliki kelemahan diantaranya tidak dapat menjangkau aspek afektif, sikap dan psikomotor; tidak dapat mengatasi kesulitan dalam mengoperasikan apabila tidak ada sumber listrik; tidak dapat mengatasi permasalahan yang dihadapi secara individu dalam proses pembelajaran, membutuhkan biaya dalam pengadaan *software*.

Hasil implementasi pembelajaran software simulasi komputer ditemukan bahwa rencana pelaksanaan pembelajaran terlaksana dengan sangat baik di dalam kelas. Pembelajaran ini sangat terpusat pada mahasiswa, dosen hanya bertindak sebagai fasilitator dan membantu secara terbatas bagi mereka yang mengalami kesulitan memahami konsep dan membuat simulasi. Pembelajaran seperti ini menyenangkan bagi peserta didik karena mereka dengan bebas mengeksplorasi kemampuan mereka baik dalam memahami konsep, dan kreativitasnya. Hal ini sesuai dengan teori belajar *conditioning operan* yang menyatakan bahwa siswa belajar melalui serangkaian respon dan melalui respon dari suatu stimulus ditemukan sendiri oleh peserta didik (Tremp, 2013; Rusman, 2009; Wijnen et al., 2021). Kegiatan pembelajarannya dilakukan secara *mastery learning* (Bruner, 1960; Wong., Chen., & Chang, 2020; Yair., Mintz & Litvak, 2001), yakni guru/dosen dapat melatih siswa secara terus menerus sampai mencapai ketuntasan dalam belajar.

Bagaimana karakteristik kreativitas mahasiswa?, berdasarkan hasil penelitian ditemukan bahwa terdapat perbedaan secara signifikan n-gain kreativitas mahasiswa yang mengikuti pembelajaran software simulasi komputer dibanding mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Hal ini disebabkan karena pada kelas eksperimen mahasiswa melakukan simulasi komputer, latihan-latihan kreativitas secara bertahap dan berkelanjutan. Kelas kontrol mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional tidak melakukan latihan-latihan kreativitas.

Skor rata-rata n-gain kreativitas mahasiswa pada setiap materi interaksi antar faktor fisis lebih tinggi dibanding dengan skor rata-rata n-gain kreativitas mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Hal ini disebabkan karena mahasiswa yang menerapkan *software* simulasi komputer melakukan latihan kreativitas secara bertahap dan berkelanjutan. Dengan demikian pembelajaran berbasis simulasi komputer dalam meningkatkan kreativitas lebih baik dibanding dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

Pada kelas eksperimen skor rata-rata n-gain kreativitas kategori tinggi dan pada kelas kontrol skor n-gain kreativitas kategori rendah. Dengan demikian dapat dikatakan penerapan *software* simulasi komputer dapat meningkatkan kreativitas.

Skor rata-rata n-gain flexibility, originality, fluency kategori tinggi, hal ini disebabkan karena mahasiswa sering menggunakan kreasi pada mata kuliah lain, seperti mata kuliah penelitian dan eksperimen sains.

Pada kelas kontrol didapatkan bahwa rata-rata n-gain kreativitas kategori rendah pada semua indikator, hal ini disebabkan karena mahasiswa tidak berlatih kreativitas dalam mengikuti pembelajaran konvensional. Namun demikian mahasiswa di kelas kontrol telah memiliki daya kreativitas pada setiap indikator walaupun rata-rata n-gain kreativitas tersebut masih rendah. Temuan ini sesuai dengan penemuan (Beetlestone, 2011; Huang, et al., 2012; Yong & Yizhi, 2020; Zaturrahmi & Ellizar, 2020) yang menyimpulkan bahwa ada kreativitas dalam diri setiap orang, sekolah dan guru perlu mengadopsi dan terapkan pendekatan yang mendukung keterampilan tersebut jika ingin mendidik siswa menjadi anak yang kreatif. Sebab kreativitas sangat penting bagi perkembangan semua anak. Kualitas ini merupakan kebutuhan vital dalam kesuksesan hidup.

Bagaimana gambaran kreativitas mahasiswa apabila ditinjau dari setiap materi interaksi antar faktor fisis? Berdasarkan dari hasil penelitian ditemukan bahwa mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbasis simulasi komputer tingkat kreativitas mahasiswa pada semua materi interaksi antar faktor fisis yang diajarkan termasuk dalam kategori tinggi, hal ini disebabkan karena pada saat mahasiswa mempelajari materi radiasi benda hitam, efek foto listrik, model atom dan persamaan Schroedinger mereka berlatih mengembangkan kemampuan kefasihan menyelesaikan masalah dengan berbagai cara dari grafik, data-data dari setiap variabel (yakni variable manipulasi, respond an control), dan berbagai jenis alternative model atom. Berbagai jenis jawaban yang ditemukan mahasiswa dari masalah –masalah yang dipelajari pada materi ini sangat beragam dan mereka dapat menemukan berbagai jenis persamaan-persamaan yang baru. Hasil ini sesuai

dengan analisis setiap indikator kreativitas mahasiswa, yakni kefasihan, kebaharuan termasuk dalam kategori tinggi dan fleksibilitas dalam kategori sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis simulasi komputer dapat meningkatkan kreativitas mahasiswa pada materi interaksi antar faktor fisis baik dalam aspek kreativitas kefasihan, dan fleksibilitas maupun kebaharuan. Temuan ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Olakanmi, (2015) The results showed that a statistically significant difference was found between the groups and that the web-based computer simulation improved students' development of mental models on rate of reaction in comparison to the students in the experimental group.

Bagaimana gambaran tanggapan mahasiswa terhadap pelaksanaan pembelajaran berbasis simulasi komputer? Berdasarkan dari hasil penelitian ini ditemukan bahwa tanggapan mahasiswa sangat positif dalam aspek ketertarikan, aspek kejelasan penyampaian dosen dan positif dalam aspek kebaharuan serta dalam aspek penerapan. Hasil tanggapan tersebut mengindikasikan bahwa *software* pembelajaran berbasis simulasi komputer yang telah dibuat telah sesuai dengan tingkat kemampuan mahasiswa. Hasil temuan ini sesuai dengan pandangan konstruktivis dalam pembelajaran yang menyatakan bahwa peserta didik diberi kesempatan agar menggunakan strateginya sendiri dalam belajar secara sadar, sedangkan pengajar yang membimbing peserta didik ke tingkat pengetahuan yang lebih tinggi by Ilham (2006); McKagan et al., (2008).

Pada umumnya mahasiswa mampu mengembangkan kreativitas dan menganalisis kaitan antara variabel-variabel (manipulasi, respon dan kontrol) pada fungsi persamaan matematis yang mereka telah buat. Penampilan hubungan variabel-variabel tersebut sangat menarik bagi mereka karena secara langsung dapat mengetahui apakah persamaan yang telah dirumuskan sesuai dengan hasil simulasi atau bertentangan. Perhitungan dan skema grafik ditampilkan sangat menarik, cepat dan tepat hasilnya. Temuan ini sesuai dengan model pembelajaran kreatif (Irina et al., 2016) yang menekankan pada aspek pelatihan kreativitas peserta didik di kelas. Dengan kreativitas melalui latihan secara bertahap dimulai dari level yang lebih mudah hingga level yang lebih sulit secara berkesinambungan, diharapkan kreativitasnya dapat berkembang sesuai dengan indikator yang telah dirumuskan oleh Bono, 2007; Elena, 2016; Northcott, 2007;).

Berdasarkan dari tanggapan dosen terhadap *software* pembelajaran berbasis simulasi komputer dan pelaksanaan pembelajaran berbasis simulasi komputer ditemukan bahwa sangat positif dalam aspek peranan dan kualitas. Hal ini disebabkan karena isi *software* pembelajaran berbasis simulasi komputer susunan urutan-urutan penyajiannya sangat baik, sehingga dosen tidak mengalami hambatan dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis simulasi komputer di kelas. Hasil temuan ini sesuai dengan teori pengembangan model pembelajaran Joyce (1992), yang menyatakan bahwa pengembangan model pembelajaran yang baik adalah pengembangan yang menekankan aspek perencanaan atau pola yang digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan pembelajaran di kelas atau pembelajaran tutorial dan perangkat pembelajaran yang digunakan (buku, media, dan kurikulum). Penelitian (Ekmekci, 2015; Tawil., Muhammad & Kemala, 2023; Tawil & Ahmad, 2021) menunjukkan bahwa aktivitas berbasis komputer dan praktik langsung bisa efektif bila dimanfaatkan di lingkungan kelas yang tepat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data, dan hasil penelitian, disimpulkan bahwa pembelajaran *software* simulasi komputer dapat meningkatkan kreativitas mahasiswa secara signifikan, yakni mahasiswa dapat menemukan persamaan gelombang *Schrodinger*, persamaan radiasi benda hitam, persamaan efek foto listrik, beberapa struktur zat padat dan menemukan beberapa cara menyelesaikan masalah yang berbeda-beda terkait (fleksibilitas) dengan interaksi antar faktor fisis. Mahasiswa sangat menyukai *software* simulasi komputer dan juga memudahkan dosen mengajarkan interaksi antar faktor fisis. Sebagai tanggungjawab pihak pimpinan perguruan tinggi sebagai penghasil guru untuk pengadaan *software* simulasi komputer dalam pelaksanaan belajar IPA dan mata pelajaran ilmu pengetahuan lainnya. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melengkapi

penjelasan setiap materi kuliah pada *software* program dan melatihkan kepada mahasiswa yang telah memiliki keterampilan mengoperasikan komputer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRTPM, DIKTIRISTEK, Kemdikbudristek yang telah memberi dukungan financial terhadap kegiatan penelitian ini. Ketua Penelitian dan Pengaduan Kepada Masyarakat (LP2M) yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan kegiatan ini, demikian pula kaprodi pendidikan IPA FMIPA Universitas Negeri Makassar kerjasamanya sehingga kegiatan ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulwahed, M., & Nagy, Z. K. (2011). The Trilab, A Novel Ict Based Triple Access Mode Laboratory Education Model. *Computers & Education*, 56(1), 262–274.
- Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1986a). The Sequence Of Learning Cycle Activities In High School Chemistry. *Journal Of Research In Science Teaching*, 23(2), 121–143.
- Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1986b). The Sequence Of Learning Cycle Activities In High School Chemistry. *Journal Of Research In Science Teaching*, 23(2), 121–143.
- Alghafri, A. S. R., & Ismail, H. N. Bin. (2014). The Effects Of Integrating Creative And Critical Thinking On Schools Students' Thinking. *International Journal Of Social Science And Humanity*, 4(6), 518–525. <https://doi.org/10.7763/Ijssh.2014.V4.410>
- Aloqaili, A. S. (2012). The Relationship Between Reading Comprehension And Critical Thinking: A Theoretical Study. *Journal Of King Saud University - Languages And Translation*, 24(1), 35–41. <https://doi.org/10.1016/J.Jksult.2011.01.001>
- Alrawili, K. S., Osman, K., & Almunasher, S. (2020). Effect Of Scaffolding Strategies On Higher-Order Thinking Skills In Science Classroom. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(5), 718–729. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.718>
- Amin, D. I., & Ikhsan, J. (2021). Improving Higher Order Thinking Skills Via Semi Second Life. *European Journal Of Educational Research*, 10(1), 261–274. <https://doi.org/10.12973/Eu-Jer.10.1.261>
- An, D., Song, Y., & Carr, M. (2016a). A Comparison Of Two Models Of Creativity: Divergent Thinking And Creative Expert Performance. *Personality And Individual Differences*, 90, 78–84.
- 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. <https://doi.org/10.12973/Iji.2018.1111a>
- Arlini, H., Humairah, N., & Sartika, D. (2017). *Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think Pair Share Dengan Teknik Advance Organizer* (Vol. 3, Issue 2).
- Aşkin, Ö. E., & Öz, E. (2020). Cross-National Comparisons Of Students' Science Success Based On Gender Variability: Evidence From Timss. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(2), 186–200. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.186>
- Bono, E. D. (2007). *Revolusi Berpikir Edward De Bono : Mengajari Anak Anda Berpikir Canggih Dan Kreatif Dalam Memecahkan Masalah Dan Memantik Ide-Ide Baru* .
- Bruner, J. S. (1960a). *The Process Of Education*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1960b). *The Process Of Education*. Harvard University Press.
- Capron Puozzo, I., & Audrin, C. (2021). Improving Self-Efficacy And Creative Self-Efficacy To Foster Creativity And Learning In Schools. *Thinking Skills And Creativity*, 42. <https://doi.org/10.1016/J.Tsc.2021.100966>

- 638 *Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: Embedded Experimental model*
- Muh. Tawil, Sukarna
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>
- Cho, J. Y. (2017a). An Investigation Of Design Studio Performance In Relation To Creativity, Spatial Ability, And Visual Cognitive Style. *Thinking Skills And Creativity*, 23, 67–78.
- Cho, J. Y. (2017b). An Investigation Of Design Studio Performance In Relation To Creativity, Spatial Ability, And Visual Cognitive Style. *Thinking Skills And Creativity*, 23, 67–78.
- Clark, R. C., & Richard, E. M. (2016). . E-Learning And The Science Of Instruction: Proven Guidelines For Consumers And Designers Of Multimedia Learning. Proven Guidelines For Consumers And Designers Of Multimedia Learning. *John Wiley & Sons*.
- D'souza, R. (2021). What Characterises Creativity In Narrative Writing, And How Do We Assess It? Research Findings From A Systematic Literature Search. *Thinking Skills And Creativity*, 42. <https://doi.org/10.1016/J.Tsc.2021.100949>
- 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. <https://doi.org/10.12973/Eurasia.2015.1438a>
- Elena, D., Elena L, Ilinab, Aleksander, N., Latkinb, & Anna, I. K. (2016). Development Of Creative Potential Of Cinema Tourism . *International Journal Of Environmental & Science Education*, 11(11), 4015–4024.
- Eunice, E. O. (2015). The Effects Of A Web-Based Computer Simulation On Students' Conceptual Understanding Of Rate Of Reaction And Attitude Towards Chemistry . . *Jbse*, 14(5), 627–640.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & Lemaster, R. (2005). When Learning About The Real World Is Better Done Virtually: A Study Of Substituting Computer Simulations For Laboratory Equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1). <https://doi.org/10.1103/Physrevstper.1.010103>
- Firdaus, & Darmadi. (2017). Shaping Scientific Attitude Of Biology Education Students Through Research-Based Teaching. *Aip Conference Proceedings*, 1868. <https://doi.org/10.1063/1.4995214>
- Flisher, C. (2010). Getting Plugged In: An Overview Of Internet Addiction. In *Journal Of Paediatrics And Child Health* (Vol. 46, Issue 10, Pp. 557–559). <https://doi.org/10.1111/J.1440-1754.2010.01879.X>
- Floropoulos, J., Spathis, C., Halvatzis, D., & Tsiouridou, M. (2010). Measuring The Success Of The Greek Taxation Information System. *International Journal Of Information Management*, 30(1), 47–56. <https://doi.org/10.1016/J.Ijinfomgt.2009.03.013>
- Frankel, J. R., & Wallen. (2009). *How To Design And Evaluate Research In Education*. Mc.Graw-Hill.
- Fuadi, Sumaryanto, T., & Lestari, W. (2015). Pengembangan Instrumen Penilaian Psikomotor Pembelajaran Ipa Materi Tumbuhan Hijau Berbasis Starter Experiment Approach Berwawasan Konservasi. *Journal Of Educational Research And Evaluation (Jere)*, 4(1), 1–11.
- Gunawan, Harjono, A., Hermansyah, & Herayanti, L. (2019). Guided Inquiry Model Through Virtual Laboratory To Enhance Students' Science Process Skills On Heat Concept. *Cakrawala Pendidikan*, 38(2), 259–268. <https://doi.org/10.21831/Cp.V38i2.23345>
- Guswita, S., Anggoro, B. S., Haka, N. B., Handoko, A., Islam, U., Raden, N., & Lampung, I. (2018). Analisis Keterampilan Proses Sains Dan Sikap Ilmiah Peserta Didik Kelas Xi Mata Pelajaran Biologi Di Smaal-Azhar 3 Bandar Lampung. *Biosfer Jurnal Tadris Pendidikan Biologi*, 9(2), 249–258. <http://ejournal.Radenintan.Ac.Id/Index.Php/Biosfer/Index>
- Harlen, & Elstgeest, J. (1993). Unesco Source Book For Science Teaching In The Primary School. *Nbt, New Delhi. Biologi*, 9(2), 249–259.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning About Atoms, Molecules, And Chemical Bonds : A Case Study Of Multiple-Model Use In Grade 11 Chemistry . *Int. J.Sci.Edu*, 84, 352–381.

- 639 *Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: Embedded Experimental model*
- Muh. Tawil, Sukarna
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>
- Hawi, N. S. (2012). Internet Addiction Among Adolescents In Lebanon. *Computers In Human Behavior*, 28(3), 1044-1053.
- He, Y., & Li, Y. (2020a). Research On Teaching Method Of Computer Application Course Based On Evidence-Based Teaching Method. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1648(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/3/032182>
- He, Y., & Li, Y. (2020b). Research On Teaching Method Of Computer Application Course Based On Evidence-Based Teaching Method. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1648(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1648/3/032182>
- Hennessey, B. A., & Amabile, T. M. (1987). Creativity And Learning. *National Education Association*.
- Heradio, R., De-La, T. L., Galan, D., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Dormido, S. (2016). Virtual And Remote Labs In Education: A Bibliometric Analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38.
- Herga, N. R., Glažar, S. A., & Dinevski, D. (2015). Dynamic Visualization In The Virtual Laboratory Enhances The Fundamental Understanding Of Chemical Concepts. *Journal Of Baltic Science Education*, 14(3), 351–365.
- Hiller, J. R., Johnson, I. D., & Styer, D. F. (1995). Quantum Mechanics Simulations. *The Consortium For Upper-Level Physics Software*.
- Houtz, J. C., & Krug, D. (1995). Assessment Of Creativity: Resolving A Mid-Life Crisis. *Educational Psychology Review*, 7, 269–300.
- Hu, R., Wu, Y. Y., & Shieh, C. J. (2016a). Effects Of Virtual Reality Integrated Creative Thinking Instruction On Students' Creative Thinking Abilities. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education*, 12(3), 477–486. <https://doi.org/10.12973/Eurasia.2016.1226a>
- Hu, R., Wu, Y. Y., & Shieh, C. J. (2016b). Effects Of Virtual Reality Integrated Creative Thinking Instruction On Students' Creative Thinking Abilities. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education*, 12(3), 477–486. <https://doi.org/10.12973/Eurasia.2016.1226a>
- Huang, R. T., Jang, S. J., Machtmes, K., & Deggs, D. (2012). Investigating The Roles Of Perceived Playfulness, Resistance To Change And Self-Management Of Learning In Mobile English Learning Outcome. *British Journal Of Educational Technology*, 43(6), 1004–1015. <https://doi.org/10.1111/J.1467-8535.2011.01239.X>
- Hung, J. F., & Tsai, C. Y. (2020). The Effects Of A Virtual Laboratory And Meta-Cognitive Scaffolding On Students' Data Modeling Competences. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(6), 923–939. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.923>
- Ichsan, I. Z., Sigit, D. V., Miarsyah, M., Ali, A., Suwandi, T., & Titin. (2020). Implementation Supplementary Book Of Green Consumerism: Improving Students Hots In Environmental Learning. *European Journal Of Educational Research*, 9(1), 227–237. <https://doi.org/10.12973/Eu-Jer.9.1.227>
- Irina, L. P., Depsames, Olga, V., Serova, Maria, V., Shcherbakova, Svetlana, I., & Yakovleva. (2016). Design Education: Peculiarities Of Design Students' Creativity Development. *International Journal Of Environmental & Science*, 11(13), 6221–6622.
- Irwanto, R., & Prodjosantoso. (2020). Undergraduate Students' Science Process Skills In Terms Of Some Variables: A Perspective From Indonesia. *Journal Of Baltic Science Education*, 17(5), 751–764.
- Irwanto, Rohaeti, E., & Kolonial Prodjosantoso, A. (2018). Undergraduate Students' Science Process Skills In Terms Of Some Variables: A Perspective From Indonesia. *Journal Of Bactic Science Education*, 17(5), 751–764.
- Joyce, B., Weil, Marsha, & Showers, B. (1992). *Models Of Teaching. Fourth Edition*. Allyn & Bacon.

- 640 *Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: Embedded Experimental model*
- Muh. Tawil, Sukarna
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>
- Karamustafaoğlu, S. (2011a). Improving The Science Process Skills Ability Of Science Student Teachers Using I Diagrams. In *Eurasian J. Phys. Chem. Educ* (Vol. 3, Issue 1). [Http://Www.Eurasianjournals.Com/Index.Php/Ejpce](http://Www.Eurasianjournals.Com/Index.Php/Ejpce)
- Karamustafaoğlu, S. (2011b). Improving The Science Process Skills Ability Of Science Student Teachers Using I Diagrams. *Eurasian. Phys. Chem. Educ*, 3(1), 26–38.
- Kem, J. E. (1994). *Designing Effective Instructional*. Macmillan College Publishing Company.
- Kuo, P. H. (2016a). Effects Of Synchronous Web-Based Instruction On Students' Thinking Styles And Creativity. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education*, 12(3), 609–619. <https://doi.org/10.12973/Eurasia.2016.1234a>
- Kuo, P. H. (2016b). Effects Of Synchronous Web-Based Instruction On Students' Thinking Styles And Creativity. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education*, 12(3), 609–619. <https://doi.org/10.12973/Eurasia.2016.1234a>
- Lebuda, I., Zielińska, A., & Maciej, K. (2021). On Surface And Core Predictors Of Real-Life Creativity. *Thinking Skills And Creativity*, 42, 100973.
- Lestari, T., Supardi, Z. A. I., & Jatmiko, B. (2021). Virtual Classroom Critical Thinking As An Alternative Teaching Model To Improve Students' Critical Thinking Skills In Pandemic Coronavirus Disease Era. *European Journal Of Educational Research*, 10(4), 2003–2015. <https://doi.org/10.12973/Eur-Jer.10.4.2003>
- Liu, H., Elstner, M., Kaxiras, E., Frauenheim, T., Hermans, J., & Yang, W. (2001). Quantum Mechanics Simulation Of Protein Dynamics On Long Timescale. In *Proteins* (Vol. 44).
- Luo, M., Wang, Z., Sun, D., Wan, Z. H., & Zhu, L. (2020). Evaluating Scientific Reasoning Ability: The Design And Validation Of An Assessment With A Focus On Reasoning And The Use Of Evidence. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(2), 261–275. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.261>
- Maharani, D. A., Satriawati, G., & Musyriyah, E. (2020). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Melalui Model Generative Multi-Representation Learning. *Algoritma: Journal Of Mathematics Education*, 2(2), 192–205. <https://doi.org/10.15408/Ajme.V2i2.18798>
- Martiningsih, M., Situmorang, R. P., Hastuti, S. P., Studi, P., Biologi, P., & Biologi, F. (2018). Hubungan Keterampilan Generik Sains Dan Sikap Ilmiah Melalui Model Inkuiri Ditinjau Dari Domain Kognitif. In *Jurnal Pendidikan Sains (Jps)* (Vol. 06, Issue 01). <http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/jpkimia>
- Maryeni, L., Siregar, N. S., Roza, Y., & Jalinus. (2020). Development Of Computer-Based Learning Media Using Mind Map For Learning Mathematics In Topics Of Rectangle And Triangle At Secondary School. *Companion Proceedings Of The Seadric*, 73–84.
- Marzhan, D., Maxat, D., Akbota, A., Moldabek, K., Rabiga, K., & Rysbayeva, G. (2022). The Development Of Computational Skills Of Visually Impaired Children Of Primary Classes. *Cypriot Journal Of Educational Sciences*, 17(2), 451–463. <https://doi.org/10.18844/Cjes.V17i2.6848>
- Maulidah, S. S., & Prima, E. C. (2018). Using Physics Education Technology As Virtual Laboratory In Learning Waves And Sounds. *Journal Of Science Learning*, 1(3), 116. <https://doi.org/10.17509/Jsl.V1i3.11797>
- Mckagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., Lemaster, R., & Wieman, C. E. (2008). Developing And Researching Phet Simulations For Teaching Quantum Mechanics. *Physics Education Technology Journal*. <http://phet.colorado.edu>
- Mnguni, L., & Mokiwa, H. (2020). The Integration Of Online Teaching And Learning In Stem Education As A Response To The Covid-19 Pandemic. In *Journal Of Baltic Science Education* (Vol. 19, Issue 6, Pp. 1040–1042). Scientia Socialis Ltd. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.1040>

- 641 *Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: Embedded Experimental model*
- Muh. Tawil, Sukarna
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>
- Mubarrok, M. F., Mulyaningsih, S., Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2014). Penerapan Pembelajaran Fisika Pada Materi Cahaya Dengan Media Phet Simulations Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Di Smp. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (Jipf)*, 03(01), 76–80. [Http://Phet.Colorado.Edu/In/About](http://Phet.Colorado.Edu/In/About)
- Muñoz-Martínez, Y., Domínguez-Santos, S., Sen-Pumares, S. De La, & Laborda, J. G. (2022). Teachers' Professional Development Through The Education Practicum: A Proposal For University-School Collaboration*. *Cypriot Journal Of Educational Sciences*, 17(2), 464–478. [Https://Doi.Org/10.18844/Cjes.V17i2.6832](https://doi.org/10.18844/Cjes.V17i2.6832)
- Northcott, B., Miliszewska, I., & Dakich, E. (2007). Ict For (I)Nspiring (C)Reative (T)Hinking. *Proceeding Ascilite Singapore*, 761–768.
- Nulhakim, L., Setiawan, R., & Saefullah, A. (2020). Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan Fisika. *Jpppf*, 6(1). [Https://Doi.Org/10.21009/1](https://doi.org/10.21009/1)
- Patphol, M. (2020). Developing A Training Curriculum To Enhancing Teachers' Learning Management Skills For Promoting Learners' Creativity And Innovation: A Case Study Of Thai Teachers. *Advanced Journal Of Social Science*, 7(1), 181–187. [Https://Doi.Org/10.21467/Ajss.7.1.181-187](https://doi.org/10.21467/Ajss.7.1.181-187)
- Peciuliauskiene, P., Tamoliune, G., & Trepule, E. (2022). Exploring The Roles Of Information Search And Information Evaluation Literacy And Pre-Service Teachers' Ict Self-Efficacy In Teaching. *International Journal Of Educational Technology In Higher Education*, 19(1). [Https://Doi.Org/10.1186/S41239-022-00339-5](https://doi.org/10.1186/S41239-022-00339-5)
- Penn, M., & Mavuru, L. (2020). Assessing Pre-Service Teachers' Reception And Attitudes Towards Virtual Laboratory Experiments In Life Sciences. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(6), 1092–1105. [Https://Doi.Org/10.33225/Jbse/20.19.1092](https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.1092)
- Prihatiningtyas, S., Prastowo, T., & Jatmiko, B. (2013). Implementasi Simulasi Phet Dan Kit Sederhana Untuk Mengajarkan Keterampilan Psikomotor Siswa Pada Pokok Bahasan Alat Optik. *Injpii* (Vol. 2, Issue 1). [Http://Journal.Unnes.Ac.Id/Nju/Index.Php/Jpii](http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jpii)
- Rahmawati, A., Nisfah, N. L., & Kusairi, S. (2019). The Capability Analysis Of High Order Thinking Skills (Hots) On Dynamic Electricity Material In Junior High School. *Jpppf (Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan Fisika)*. [Https://Doi.Org/10.21009/1](https://doi.org/10.21009/1)
- Ramdani, A., Artayasa, I. P., Yustiqvar, M., & Nisrina, N. (2021). Enhancing Prospective Teachers' Creative Thinking Skills: A Study Of The Transition From Structured To Open Inquiry Classes. *Cakrawala Pendidikan*, 40(3), 637–649. [Https://Doi.Org/10.21831/Cp.V40i3.41758](https://doi.org/10.21831/Cp.V40i3.41758)
- Roths, A., Lemos, M. S., & Gonçalves, T. (2014). Motives And Beliefs Of Learners Enrolled In Adult Education. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 112, 939–948. [Https://Doi.Org/10.1016/J.Sbspro.2014.01.1252](https://doi.org/10.1016/J.Sbspro.2014.01.1252)
- Ruqoyyah, R., Fatkhurrohman, M. A., & Arfiani, Y. (2020). Implementasi Model Inkuiri Terbimbing Berbantuan Pop-Up Book Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 8(1), 42. [Https://Doi.Org/10.25273/Jems.V8i1.6166](https://doi.org/10.25273/Jems.V8i1.6166)
- Rusli, M. A., Tawil, M., Kasmad Bin Nur, M., & Negeri Makassar, U. (N.D.). Description Of Skills In Reading Measurement Results By Class Vii Students As A Result Of Distance Learning During The Covid-19 Pandemic At Smpn 18 Makassar. *Proceeding Of The International Conference On Science And Advanced Technology (Icsat)*, 121–127. Retrieved February 4, 2024, From [Https://Ojs.Unm.Ac.Id/Icsat/Article/View/17582](https://ojs.unm.ac.id/Icsat/Article/View/17582)
- Said, A. P., Tawil, M., & Rusli, M. (2020). Pengaruh Metode Eksperimen Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Kelas Viii Smpn 13 Makassar (Studi Pada Materi Pokok Usaha Dan Pesawat Sederhana). *Jurnal Ipa Terpadu*, 3(2), 87–95.

- 642 *Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: Embedded Experimental model*
- Muh. Tawil, Sukarna
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>
- Salmon, A. K., & Barrera, M. X. (2021). Intentional Questioning To Promote Thinking And Learning. *Thinking Skills And Creativity*, 40. <https://doi.org/10.1016/J.Tsc.2021.100822>
- Saputra, R., Susilawati, S., & Verawati, N. N. S. P. (2020). Pengaruh Penggunaan Media Simulasi Phet (Physics Education Technology) Terhadap Hasil Belajar Fisika. *Jurnal Pijar Mipa*, 15(2), 110–115. <https://doi.org/10.29303/Jpm.V15i2.1459>
- Setiawan, R., Mardapi, D., Aman, & Karyanto, U. B. (2020). Multiple Intelligences-Based Creative Curriculum: The Best Practice. *European Journal Of Educational Research*, 9(2), 611–627. <https://doi.org/10.12973/Eu-Jer.9.2.611>
- Sinulingga, P., Jhoni Hartanto, T., & Santoso, B. (2016). Implementasi Pembelajaran Fisika Berbantuan Media Simulasi Phet Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Materi Listrik Dinamis. *Jpppf Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 2(1). <https://doi.org/10.21009/1>
- Sukarno Uin Sulthan Thaha Saifuddin, S., Permanasari, A., & Hamidah, I. (2013). The Profile Of Science Process Skill (Sps) Student At Secondary High School (Case Study In Jambi). *International Journal Of Scientific Engineering And Research (Ijser)*, 1(1), 2347–3878. www.ijser.in
- Sumaryanto, T., & Lestari (2015). Pengembangan Instrumen Penilaian Psikomotor Pembelajaran Ipa Materi Tumbuhan Hijau Berbasis Starter Experiment Approach Berwawasan Konservasi. *Injere* (Vol. 4, Issue 1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jere>
- Suryandari, K. C., Rokhmaniyah, & Wahyudi. (2021). The Effect Of Scientific Reading Based Project Model In Empowering Creative Thinking Skills Of Preservice Teacher In Elementary School. *European Journal Of Educational Research*, 10(3), 1329–1340. <https://doi.org/10.12973/Eu-Jer.10.3.1329>
- Susantini, E., Faizah, U., Prastiwi, M. S., & Suryanti. (2016). Developing Educational Video To Improve The Use Of Scientific Approach In Cooperative Learning. *Journal Of Baltic Science Education*, 15(6), 725–737. <https://doi.org/10.33225/Jbse/16.15.725>
- Tawil, M., Tampa, A., Said, M. A., & Suryansari, K. (2022). Exploration The Skills Of Teachers: Implementation Technological Pedagogical Content Knowledge. *Cypriot Journal Of Educational Sciences*, 17(12), 4713–4733. <https://doi.org/10.18844/Cjes.V17i12.8593>
- Tawil, M., & Dahlan, A. (2021). Application Of Interactive Audio Visual Media To Improve Students' Creative Thinking Skill. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1752(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1752/1/012076>
- Tawil, M., Said, M. A., & Suryansari, K. (2023). Authentic Assessment Development Science To Assess Student Competency. *International Journal Of Education And Practice*, 11(2), 194–206. <https://doi.org/10.18488/61.V11i2.3294>
- Topalsan, A. K. (2020). Development Of Scientific Inquiry Skills Of Science Teaching Through Argument-Focused Virtual Laboratory Applications. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(4), 628–646. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.628>
- Vahid, K. L., Afrooz, G., Shekoohi-Yekta, M., Kharrazi, K., & Ghobari, B. (2017). Can A Creative Interpersonal Problem Solving Program Improve Creative Thinking In Gifted Elementary Students? *Thinking Skills And Creativity*, 30(7), 175–185.
- Varank, İ. (2006). A Comparison Of A Computer-Based And A Lecture-Based Computer Literacy Course: A Turkish Case. In *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education* (Vol. 2, Issue 3). www.ejmste.com
- Wijnen, F., Walma Van Der Molen, J., & Voogt, J. (2021). Measuring Primary School Teachers' Attitudes Towards Stimulating Higher-Order Thinking (Shot) In Students: Development And Validation Of The Shot Questionnaire. *Thinking Skills And Creativity*, 42. <https://doi.org/10.1016/J.Tsc.2021.100954>

- 643 *Investigasi Kreativitas Mahasiswa melalui Software Simulasi Komputer: Embedded Experimentalmodel*
- Muh. Tawil, Sukarna
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6165>
- Wong, W. K., Chen, K. P., & Chang, H. M. (2020). A Comparison Of A Virtual Lab And A Microcomputer-Based Lab For Scientific Modelling By College Students. *Journal Of Baltic Science Education*, 19(1), 157–173. <https://doi.org/10.33225/Jbse/20.19.157>
- Yair, Y., Mintz, R., & Litvak, S. (2001). 3d-Virtual Reality In Science Education: An Implication For Astronomy Teaching. In *Jl. Of Computers In Mathematics And Science Teaching* (Vol. 20, Issue 3).
- Zaturrahmi, Z., Festiyed, F., & Ellizar, E. (2020). The Utilization Of Virtual Laboratory In Learning: A Meta-Analysis. *Indonesian Journal Of Science And Mathematics Education*, 3(2), 228–236. <https://doi.org/10.24042/Ijsme.V3i2.6474>
- Zibenberg, A., & Da'as, R. (2022). The Role Of Implicit Theories In Predicting Creativity Fosteringteacher Behavior: Gender As Moderator. *Thinking Skills And Creativity*, 44, 101024.