

## Desain dan Uji Coba Penggunaan Optical Gamification (OG) Model Serial untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa

Saprudin<sup>1</sup>, Liliarsari<sup>2</sup>, Ary Setijadi Prihatmanto<sup>3</sup>, Andhy Setiawan<sup>4</sup>, Fatma Hamid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup>Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

e-mail: [saprudin@unkhair.ac.id](mailto:saprudin@unkhair.ac.id)<sup>1</sup>, [liliarsari@upi.edu](mailto:liliarsari@upi.edu)<sup>2</sup>, [asetijadi@lskk.ee.itb.ac.id](mailto:asetijadi@lskk.ee.itb.ac.id)<sup>3</sup>, [andhys@upi.edu](mailto:andhys@upi.edu)<sup>4</sup>, [fatmahamid@unkhair.ac.id](mailto:fatmahamid@unkhair.ac.id)<sup>1</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji coba aplikasi gamifikasi model serial pada perkuliahan gelombang dan optik khususnya pada topik interferensi dan difraksi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuasi eksperimen dengan desain *time series*. Subyek penelitian ini melibatkan 20 mahasiswa fisika ( $L = 6$ ,  $P = 14$ , rerata umur 19,5 tahun) yang mengikuti perkuliahan gelombang dan optik pada salah satu universitas di kota Bandung. Data keterampilan berpikir kritis mahasiswa dikumpulkan melalui teknik tes dengan instrumen berupa 32 soal pilihan ganda dan 4 soal pilihan ganda beralasan. Produk penelitian ini dinamai aplikasi Optical Gamification (OG) model serial. Hasil analisis data menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis mahasiswa mengalami peningkatan pada setiap serinya.

Kata Kunci: Optical Gamification, Model serial, Keterampilan Berpikir Kritis

### Abstract

The aims of this research is to design and investigate the use of a gamification-application with serial model in waves and optics course, especially on the topic of interference and diffraction. The research method used is a quasi-experimental method with a time series design. The subjects of this study involved 20 physics students ( $L = 6$ ,  $P = 14$ , mean age 19.5 years) who enrolled waves and optics course at a university in Bandung. Data on students' critical thinking skills were collected through test techniques with instruments in the form of 32 multiple-choice questions and 4 reasoned multiple-choice questions. The product of this research is called Optical Gamification (OG) with serial model. The results of data analysis showed that students' critical thinking skills had increased in each series.

Keyword: Optical Gamification, Serial models, Critical thinking skills

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang semakin pesat, game digital telah banyak didesain untuk dapat digunakan dalam memfasilitasi pembelajaran fisika mulai dari jenjang pendidikan anak usia dini sampai pada jenjang perguruan tinggi (Saprudin et al., 2017; Saprudin, Liliyasi, Setiawan, et al., 2019). Namun, hasil kajian penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa secara umum penggunaan game digital dalam membelajarkan konsep fisika lebih banyak digunakan pada jenjang pendidikan di sekolah dasar dan sekolah menengah (Saprudin et al., 2017; Saprudin, 2018; Saprudin, Liliyasi, Setiawan, et al., 2019).

Meskipun game digital memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan dalam konteks perkuliahan, karakteristik konsep-konsep fisika seperti konsep-konsep yang abstrak dan konsep yang menunjukkan proses serta tuntutan capaian pembelajaran pada jenjang perguruan tinggi, menjadikan konsep-konsep tersebut sulit untuk dikonstruksi melalui sajian dalam bentuk game digital (Saprudin, Liliyasi, Prihatmanto, et al., 2019). Meskipun demikian, penggunaan elemen-elemen desain game pada konteks pembelajaran di perguruan tinggi atau perkuliahan telah banyak dilakukan dalam menunjang efektivitas dan efisiensi perkuliahan.

Penggunaan elemen-elemen desain *game* pada konteks non-*game* disebut dengan gamifikasi (Deterding et al., 2012, 2011; Mulyana et al., 2016). Melalui gamifikasi, perkuliahan dapat dirancang layaknya bermain game yang dapat dikerjakan secara individual maupun secara kolaboratif untuk mencapai tujuan perkuliahan (Saprudin et al., 2020; Saprudin, Liliyasi, Prihatmanto, et al., 2019). Secara umum penelitian terkait penerapan gamifikasi dalam pembelajaran lebih banyak difokuskan pada kajian terkait bagaimana dampak penerapan gamifikasi dalam mengubah perilaku siswa agar termotivasi untuk belajar (Abramovich et al., 2013; Khalil et al., 2017; Kyewski & Krämer, 2018; Mekler et al., 2017; Pirker et al., 2014) serta lebih terlibat dalam aktivitas pembelajaran (Barata et al., 2013; Bartel & Hagel, 2014; Burkey et al., 2013; Flores et al., 2016; Gordon et al., 2013; Hew et al., 2016; Khalil et al., 2017; Kyewski & Krämer, 2018; O'Donovan et al., 2013; Poondej & Lerdpornkulrat, 2016; Rose et al., 2016; Saprudin, Liliyasi, Prihatmanto, et al., 2019; Saprudin, Liliyasi, Setiawan, et al., 2020). Adanya peningkatan motivasi dan keterlibatan siswa telah terbukti secara empiris dapat memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa.

Suatu konsep dapat dimaknai sebagai suatu abstraksi mental yang dapat mewakili satu kelas stimulus (Dahar, 2011). Konsep dapat juga dimaknai sebagai pelabelan terhadap sekumpulan kejadian, simbol atau objek yang mempunyai kesamaan dalam karakteristik atau kesamaan dalam atribut-atribut penting (Schunk, 2012). Konsep diperoleh melalui dua cara yakni: a) pembentukan konsep; konsep-konsep yang diperoleh sebelum anak-anak masuk sekolah dan b) asimilasi konsep; konsep-konsep yang diperoleh selama dan sesudah sekolah (Ausubel, 1968). Teori belajar bermakna yang digagas oleh Ausubel, menyatakan bahwa belajar bermakna dapat terjadi jika terdapat keterkaitan antara informasi-informasi baru dengan konsep-konsep yang relevan, yang telah terdapat dalam struktur kognitif seseorang (Ausubel, 1968). Pengembangan konsep dapat berlangsung dengan paling baik, jika diperkenalkan terlebih dahulu unsur-unsur yang paling umum atau paling inklusif, kemudian setelah itu baru diberikan unsur-unsur yang lebih detail serta lebih khusus dari konsep-konsep tersebut (Ausubel, 1968; Dahar, 2011). Oleh karena itu, untuk menyusun kurikulum yang baik, mula-mula diperlukan analisis konsep, kemudian diperhatikan hubungan-hubungan tertentu antar konsep sehingga dapat ditemukan konsep-konsep mana yang paling umum, serta konsep-konsep mana yang lebih khusus (Dahar, 2011; Novak, 1977).

Dalam menghadapi era revolusi industri 4.0, terdapat sepuluh keterampilan utama yang perlu diprioritaskan bagi tenaga kerja tahun 2020 yang meliputi pemecahan masalah kompleks, berpikir kritis, kreativitas, manajemen manusia, koordinasi dengan orang lain,

*emotional intelligence (EI)*, penimbangan dan pengambilan keputusan, orientasi layanan, negosiasi serta fleksibilitas kognitif (Gleason, 2018). Hal ini mengisyaratkan perlunya mengembangkan berpikir kompleks, yaitu berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) atau populer dengan singkatan HOTS. Melalui pembelajaran fisika, salah satu HOTS yang dapat dilatihkan adalah keterampilan berpikir kritis (Saprudin, Liliyasi, Prihatmanto, et al., 2019; Saprudin, Liliyasi, Setiawan, et al., 2019).

Berpikir pada umumnya didefinisikan sebagai proses kognitif atau aktifitas mental untuk memperoleh pengetahuan (Prenseisen, 1991). Berpikir kritis merupakan pemikiran yang masuk akal dan reflektif yang berfokus untuk memutuskan apa yang mesti dipercaya atau dilakukan (Ennis, 1985). Keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu aspek dalam keterampilan abad ke-21 (Binkley et al., 2012). Keterampilan berpikir kritis penting untuk dilatihkan karena keterampilan ini berkorelasi secara signifikan dengan kepercayaan diri dan kesuksesan mahasiswa (Yüksel & Alci, 2012), berdampak positif terhadap pembelajaran (Pierce et al., 2013), serta merupakan salah satu komponen penting dalam proses pemecahan masalah (Zhou et al., 2013).

Dalam penelitian ini, keterampilan berpikir kritis yang diteliti mengacu pada *framework* yang dikemukakan oleh Ennis (1985). Upaya untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis telah banyak dilakukan melalui pembelajaran berbasis *information and communication technology* (ICT) seperti peningkatan berpikir kritis melalui penggunaan animasi (Munandar et al., 2018), video (Putra & Sudarti, 2015b), simulasi interaktif (Alifiyanti & Ishafit, 2018; Herayanti & Habibi, 2017; Pradina & Suyatna, 2018), *virtual laboratory* (Kurniawan et al., 2017), multimedia interaktif (Husein et al., 2017) dan *e-learning* (Putra & Sudarti, 2015a).

Berdasarkan teori belajar bermakna yang digagas oleh Ausubel, maka dirancanglah suatu aplikasi gamifikasi yang dinamai OpticalGamification (OG) model serial (Saprudin, Liliyasi, Setiawan, et al., 2020). Aplikasi OG model serial terdiri dari 9 sub topik dan 3 evaluasi yang disajikan dalam 3 sesi yang masing-masing sesi terdiri dari 3 level dan 1 evaluasi. Pada aplikasi OG model serial, mahasiswa dapat mempelajari lebih dari satu sub topik pada setiap sesinya dengan urutan pengerjaan yang selalu sama atau berurutan dalam setiap sesinya.

Gamifikasi memiliki potensi dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis mahasiswa calon guru fisika (Saprudin, Liliyasi, Prihatmanto, et al., 2019). Walaupun masih jarang ditemukan bukti empiris yang menunjukkan adanya pengembangan keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif secara beriringan melalui aplikasi gamifikasi berbasis ICT, namun tampaknya terdapat hubungan erat antara penggunaan elemen-elemen desain game dengan pengembangan kedua keterampilan berpikir tersebut. Adanya elemen tantangan (*challenge*), pemain dihadapkan pada situasi permasalahan yang harus diselesaikan berdasarkan aturan (*rules*) tertentu. Kreativitas dapat dipicu ketika seseorang terlibat dalam proses pemecahan masalah (Prensky, 2001). Adanya elemen *point* berpotensi dapat meningkatkan motivasi mahasiswa untuk menemukan berbagai alternatif penyelesaian. Melalui berbagai alternatif penyelesaian yang ditemukan, dapat berpotensi untuk memberikan kesempatan pada mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis serta berpikir kreatif dalam menentukan alternatif penyelesaian mana yang paling baik (Saprudin, Liliyasi, Prihatmanto, et al., 2019a, 2019b).

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan penelitian ini yaitu untuk merancang dan menguji coba aplikasi gamifikasi model serial pada perkuliahan gelombang dan optik khususnya pada topik interferensi dan difraksi. Adanya penelitian ini diharapkan menghasilkan model gamifikasi yang sesuai dengan karakteristik konsep-konsep optik yang diajarkan, serta dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. Model aplikasi gamifikasi sangat penting untuk dikembangkan dan penelitian ini belum ditemukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, hal tersebut merupakan suatu kebaruan dalam penelitian ini. Bukti-bukti empiris dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dalam merancang aplikasi gamifikasi di masa mendatang.

## 2. Metode

Penelitian kuasi eksperimen ini menggunakan desain *time series* dengan melibatkan 20 mahasiswa fisika ( $L = 6$ ,  $P = 14$ , rerata umur 19,5 tahun) yang mengikuti perkuliahan gelombang dan optik pada salah satu universitas di kota Bandung.

Tabel 1. Desain Penelitian

T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	X	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
----------------	----------------	----------------	---	----------------	----------------	----------------

dengan T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> merupakan *pretest* seri 1, 2 dan 3, sedangkan T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub> merupakan *posttest* seri 1, 2 dan 3 dan X merupakan perlakuan atau intervensi berupa penggunaan aplikasi OG model serial.

Data keterampilan berpikir kritis mahasiswa dikumpulkan dengan teknik tes yang terdiri dari 32 soal pilihan ganda dan 4 soal pilihan ganda beralasan. Peningkatan keterampilan berpikir kritis mahasiswa ditentukan dengan menghitung gain skor yang dinormalisasi  $\langle g \rangle$  yang dikemukakan oleh (Hake, 1998). Adapun kisi-kisi instrumen tes keterampilan berpikir kritis mahasiswa mengacu pada *framework* Ennis (1985) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Penjelasan Indikator Berpikir Kritis

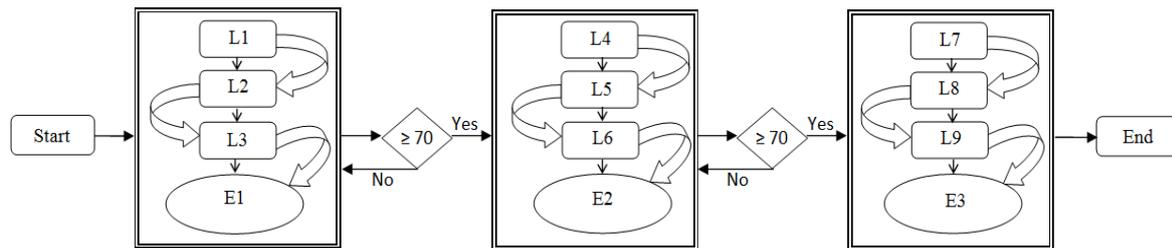
Aspek Keterampilan Berpikir Kritis	Indikator Berpikir Kritis
Memberikan penjelasan sederhana	1. Memfokuskan pertanyaan 2. Menganalisis argumen 3. Bertanya dan menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan dan tantangan
Membangun keterampilan dasar Menyimpulkan	4. Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber 5. Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi 6. Membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi 7. Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi 8. Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan
Membuat penjelasan lebih lanjut Strategi dan taktik	9. Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi 10. Mengidentifikasi asumsi 11. Memutuskan suatu tindakan 12. Berinteraksi dengan orang lain

## 3. Hasil dan Pembahasan

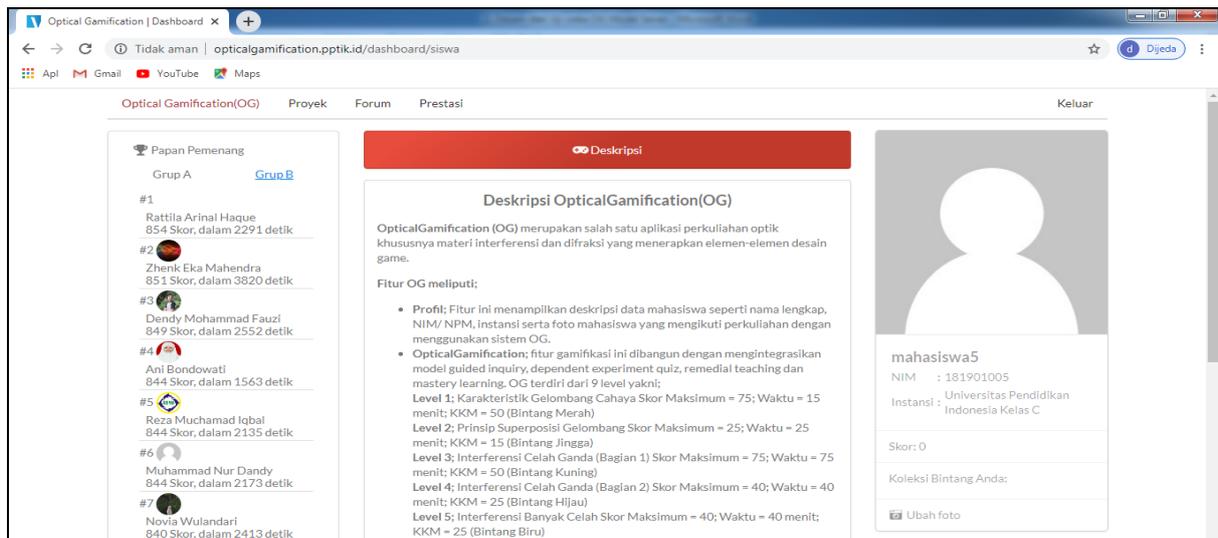
Aplikasi OG model serial terdiri dari 9 sub topik (level) dan 3 evaluasi. Setiap level disajikan dalam bentuk *dependent experimental quiz* yakni kuis yang hanya bisa dikerjakan dengan baik jika mahasiswa melakukan eksperimen melalui simulasi virtual. Sedangkan evaluasi disajikan dalam bentuk kuis berupa soal-soal pilihan ganda. *Reward* berupa bintang akan diperoleh mahasiswa jika skor yang diperoleh  $\geq 70\%$  dari skor ideal pada setiap level dan evaluasi.

Pada aplikasi OG model serial, penyajian materi dibagi menjadi tiga sesi. Setiap sesi terdiri dari tiga level (L) dan satu evaluasi (E). Masing-masing level memiliki batas skor minimum sebagai syarat untuk dapat melanjutkan pada level berikutnya pada sesi yang sama. Evaluasi memiliki skor minimum yang harus dicapai oleh mahasiswa untuk dapat melanjutkan pada sesi selanjutnya. Mahasiswa mengerjakan tugas-tugas baik yang terdapat pada level maupun evaluasi secara berurutan pada setiap sesinya. Mahasiswa diharuskan lulus evaluasi 1 dengan skor minimal 70% dari skor ideal untuk dapat melanjutkan ke sesi berikutnya. Sesi kedua dan ketiga dilakukan dengan mekanisme yang sama seperti pada

sesi kesatu. Mahasiswa bisa melanjutkan ke sesi ketiga jika sudah lulus pada sesi pertama dan kedua.



Gambar 1. Aplikasi OG Model Serial

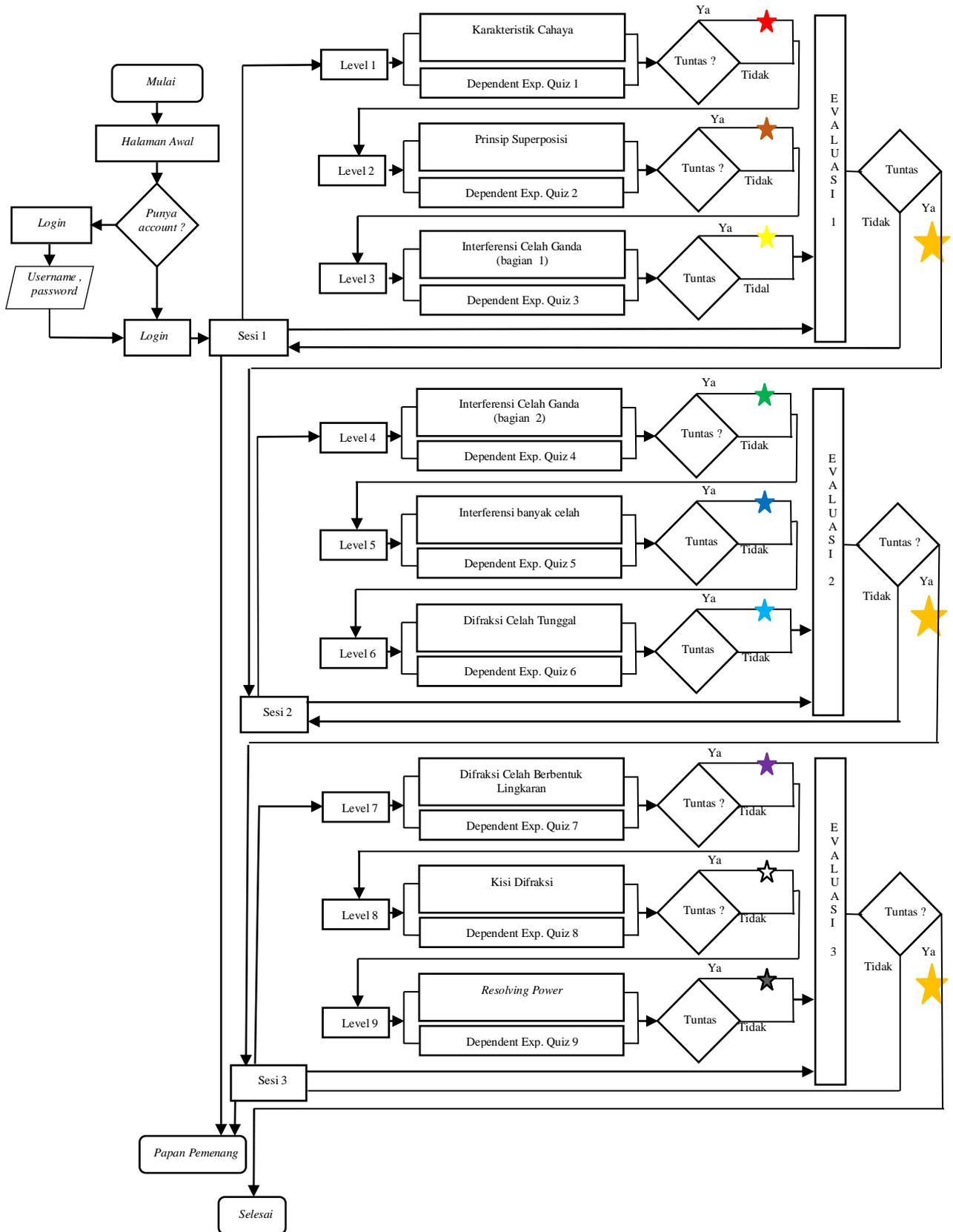


Gambar 2. Fitur Aplikasi OG Model Serial

Uji coba penggunaan aplikasi OG model serial dilakukan dengan menggunakan desain *time series*. Uji coba seri 1 dilakukan pada sesi 1 yang meliputi level 1 (L1), level 2(L2), level 3 (L3) dan evaluasi 1 (E1). Uji coba seri 2 dilakukan pada sesi 2 yang meliputi level 4 (L4), level 5(L5), level 6 (L6) dan evaluasi 2 (E2). Uji coba seri 3 dilakukan pada sesi 3 yang meliputi level 7 (L7), level 8(L8), level 9 (L9) dan evaluasi 3 (E3). Untuk mengetahui gambaran peningkatan keterampilan berpikir kritis mahasiswa dilakukan analisis terhadap hasil *pretest* dan *posttest* untuk setiap seri. Adapun fitur awal aplikasi OG model serial yang akan diujicobakan ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Fitur Awal Aplikasi OG Model Serial

Fitur Aplikasi OG	Keterangan
Profil	Fitur ini menampilkan deskripsi data mahasiswa seperti nama lengkap, NIM/ NPM, instansi serta foto mahasiswa yang mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG.
Gamifikasi	Fitur gamifikasi ini dibangun dengan mengintegrasikan <i>dependent experiment quiz</i> , <i>remedial teaching</i> dan <i>mastery learning</i> . OG terdiri dari 9 level dan 3 evaluasi.
Papan Pemenang	Fitur ini menampilkan 10 mahasiswa terbaik dari semua mahasiswa yang mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG.

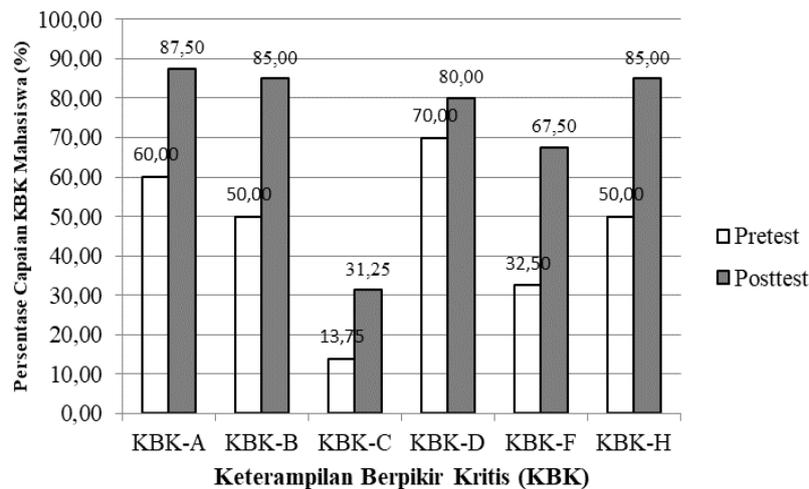


Gambar 3. Flowchart Aplikasi OpticalGamification (OG) Model Serial

Secara umum, keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada uji coba seri 1 mengalami peningkatan setelah dilakukan intervensi berupa penggunaan aplikasi OG model serial pada perkuliahan gelombang dan optik khususnya topik interferensi dan difraksi. Hasil pengolahan data *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada topik interferensi dan difraksi pada uji coba seri 1 ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil *Pretest* dan *Posttest* pada Uji Coba Seri 1

Tes	$X_{ideal}$	$X_{max}$	$X_{min}$	$\bar{X}$	s
<i>Pretest</i>	12,00	9,00	0,00	4,60	1,85
<i>Posttest</i>	12,00	10,00	4,00	7,70	1,59



A = Menganalisis argumen, B = Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, C = Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, D = Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi, F = Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, H = Berinteraksi dengan orang lain

Gambar 4. Profil Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Seri 1

Berdasarkan gambar 4, keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada uji coba seri 1 mengalami peningkatan pada setiap indikatornya. Untuk indikator menganalisis argumen, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan cukup (60,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan sangat tinggi (87,50%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan sebesar 27,50%.

Untuk indikator mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan cukup (50,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan sangat tinggi (85,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, terdapat perbedaan sebesar 35,00%.

Pada indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan sangat rendah (13,75%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan rendah (31,25%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, terdapat perbedaan sebesar 17,50%.

Pada indikator membuat induksi dan mempertimbangkan induksi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan tinggi (70,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan tinggi (80,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator membuat induksi dan mempertimbangkan induksi, terdapat perbedaan sebesar 10,00%.

Untuk indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan rendah

(32,50%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan tinggi (67,50%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, terdapat perbedaan sebesar 35,00%.

Pada indikator berinteraksi dengan orang lain, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan cukup (50,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan sangat tinggi (85,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator berinteraksi dengan orang lain, terdapat perbedaan sebesar 35,00%.

Beberapa temuan pada uji coba aplikasi OG model serial seri 1 yang dapat dijadikan bahan perbaikan diantaranya adalah; 1) Sarana komunikasi dan diskusi belum tersedia pada aplikasi OG model serial, sehingga sarana komunikasi dilakukan dengan memanfaatkan *WhatsApp*, 2) *Leaderboard* yang ditampilkan hanya menampilkan prestasi 10 mahasiswa terbaik saja, sehingga perlu ditambahkan suatu fitur yang dapat menampilkan prestasi seluruh mahasiswa yang mengikuti perkuliahan ini, 3) Beberapa mahasiswa ditemukan lemah dalam menggunakan aplikasi komputer, sehingga mereka masih memiliki rasa takut untuk mengikuti pembelajaran dengan aplikasi OG model serial. 4) Dosen melakukan monitoring terhadap tugas-tugas yang harus dikerjakan mahasiswa, sehingga mahasiswa diharapkan dapat menyelesaikan tugasnya sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan, 5) Ketika tatap muka, dosen perlu melakukan refleksi terkait tugas-tugas yang dikerjakan mahasiswa dengan menggunakan aplikasi OG model serial, dosen membimbing mahasiswa untuk mengatasi berbagai faktor yang menjadi kendala mahasiswa ketika berinteraksi dengan aplikasi OG.

Berdasarkan hasil uji coba seri 1 terdapat beberapa komponen yang masih memerlukan penekanan seperti pada indikator keterampilan berpikir kritis misalnya indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi (31,25%). Dari hasil analisis uji coba aplikasi OG model serial pada seri 1, maka revisi aplikasi OG model serial yang akan digunakan pada uji coba seri 2 ditunjukkan pada tabel 5.

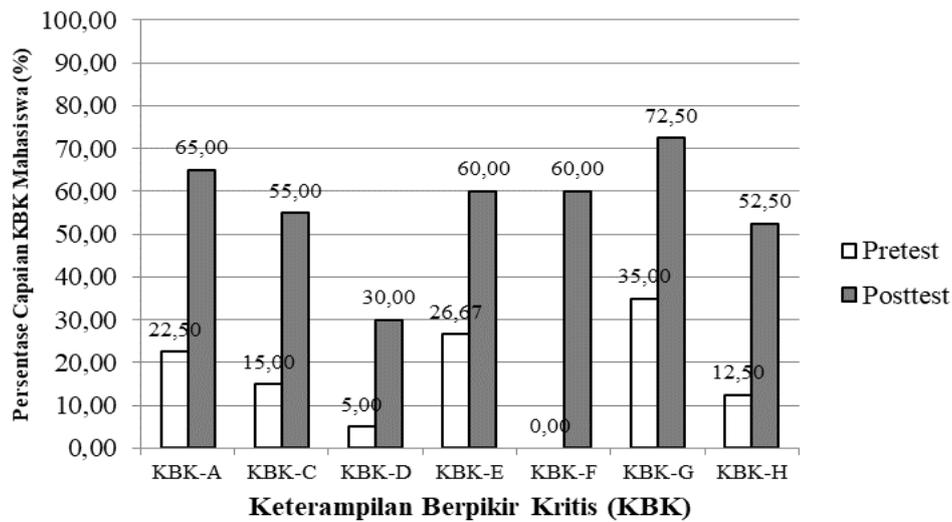
Tabel 5. Pengembangan Fitur Aplikasi OG Model Serial Seri 1

Fitur Aplikasi OG	Keterangan
Profil	Tambahkan <i>reward</i> (bintang-bintang) yang diperoleh
Gamifikasi	Tetap
Papan Pemenang	Tetap
Forum	Fitur ini digunakan sebagai sarana komunikasi baik antar mahasiswa, maupun antara mahasiswa dengan dosen. Fitur ini juga dapat digunakan untuk menyampaikan berbagai kendala mahasiswa selama mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG.
Halaman Prestasi	Fitur ini menampilkan capaian hasil belajar mahasiswa yang telah terurut berdasarkan skor yang diperolehnya selama mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG.

Hasil pengolahan data *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada topik interferensi dan difraksi pada uji coba seri ke 2 ditunjukkan pada tabel 6. Secara umum, keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada uji coba seri 2 mengalami peningkatan setelah dilakukan intervensi berupa penggunaan aplikasi OG model serial pada perkuliahan gelombang dan optik khususnya topik interferensi dan difraksi.

Tabel 6. Hasil *Pretest* dan *Posttest* pada Seri 2

Tes	$X_{ideal}$	$X_{max}$	$X_{min}$	$\bar{X}$	s
<i>Pretest</i>	12,00	6,00	0,00	2,40	1,70
<i>Posttest</i>	12,00	10,00	3,00	7,05	1,93



A = Menganalisis argumen, C = Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, D = Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi, E = Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan, F = Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, G = Memutuskan suatu tindakan, H = Berinteraksi dengan orang lain

Gambar 5. Profil Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Seri 2

Berdasarkan gambar 5, keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada uji coba seri 2 mengalami peningkatan pada setiap indikatornya. Untuk indikator menganalisis argumen, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan rendah (22,50%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan tinggi (65,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator menganalisis argumen, terdapat perbedaan sebesar 42,50%.

Pada indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan sangat rendah (15,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan cukup (55,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, terdapat perbedaan sebesar 40,00%.

Untuk indikator membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan sangat rendah (5,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan rendah (30,00%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan sebesar 25,00%.

Pada indikator membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan rendah (26,67%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan cukup (60,00%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan sebesar 33,33%.

Untuk indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan sangat rendah (0,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan cukup (60,00%). Hal ini berarti bahwa pada indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi menunjukkan adanya perbedaan sebesar 60,00%.

Pada indikator memutuskan suatu tindakan, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan rendah (35,00%). Sedangkan setelah intervensi dikategorikan tinggi (72,50%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan sebesar 37,50%.

Untuk indikator berinteraksi dengan orang lain, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dikategorikan sangat rendah (12,50%).

Sedangkan setelah intervensi dikategorikan cukup (52,50%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator berinteraksi dengan orang lain, terdapat perbedaan sebesar 40,00%.

Selanjutnya dilakukan revisi aplikasi OG model serial seri 2. Beberapa temuan yang dapat dijadikan sebagai bahan perbaikan diantaranya yaitu 1) Pada aplikasi OG model serial perlu ditambahkan fitur proyek, 2) Fitur halaman prestasi pada seri 2 hendaknya dapat menampilkan daftar prestasi seluruh mahasiswa yang mengikuti perkuliahan, 3) Fitur forum tidak hanya mengirimkan pesan berupa teks, tetapi juga bisa mengunggah file foto, dokumen word, pdf, excel dan video.

Berdasarkan hasil uji coba aplikasi OG model serial seri 2 terdapat beberapa komponen yang masih memerlukan penekanan seperti pada indikator membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi (30,00%). Dari hasil analisis uji coba aplikasi OG model serial seri 2, maka revisi aplikasi OG model serial yang akan digunakan pada uji coba seri 3 ditunjukkan pada tabel 7.

Tabel 7. Pengembangan Fitur Aplikasi OG Model Serial Seri 2

Fitur Aplikasi OG	Keterangan
Profil	Tetap
Gamifikasi	Tetap
Forum	Upload foto, dokumen word, pdf, excel dan video
Halaman Prestasi	Filter per instansi dan per kelas
Proyek	Fitur ini digunakan untuk mengadministrasikan kegiatan proyek yang dilakukan mahasiswa pada sistem OG.
Papan Pemenang	Tetap

Secara umum, keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada uji coba seri 3 mengalami peningkatan setelah dilakukan intervensi berupa penggunaan aplikasi OG model serial pada perkuliahan gelombang dan optik khususnya topik interferensi dan difraksi. Hasil pengolahan data *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada topik interferensi dan difraksi pada uji coba seri ke 3 ditunjukkan pada tabel 8.

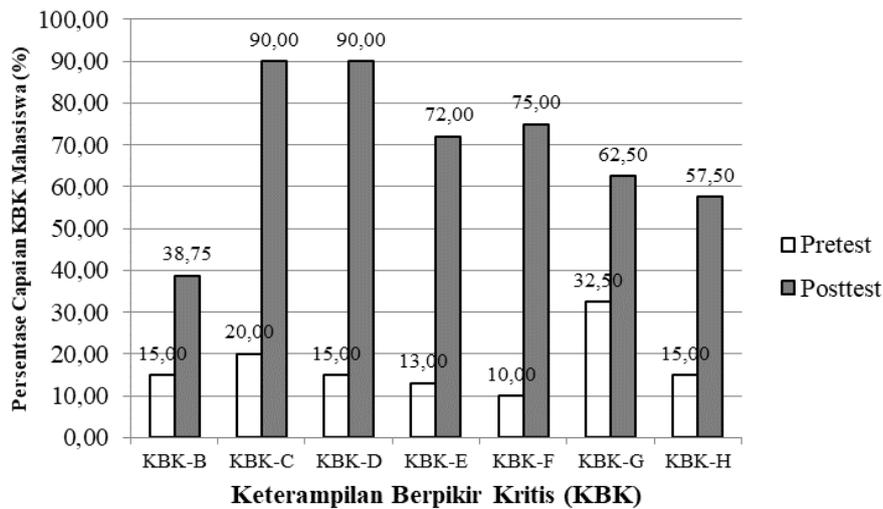
Tabel 8. asil pengolahan data *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis mahasiswa

Tes	$X_{ideal}$	$X_{max}$	$X_{min}$	$\bar{X}$	$s$
<i>Pretest</i>	16,00	6,00	0,00	2,65	1,95
<i>Posttest</i>	16,00	13,00	7,00	10,10	1,77

Berdasarkan gambar 6, keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada uji coba seri 3 mengalami peningkatan pada setiap indikatornya. Untuk indikator mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan sangat rendah (15,00%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan rendah (38,75%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, terdapat perbedaan sebesar 23,75%.

Untuk indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan sangat rendah (20,00%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan sangat tinggi (90,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator ini terdapat perbedaan sebesar 70,00%.

Untuk indikator membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan sangat rendah (15,00%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan sangat tinggi (90,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator membuat induksi dan mempertimbangkan induksi terdapat perbedaan sebesar 75,00%.



B = Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber, C = Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, D = Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi, E = Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan, F = Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, G = Memutuskan suatu tindakan, H = Berinteraksi dengan orang lain

Gambar 6. Profil Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pada Seri 2

Untuk indikator membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan sangat rendah (13,00%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan tinggi (72,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator ini terdapat perbedaan sebesar 59,00%.

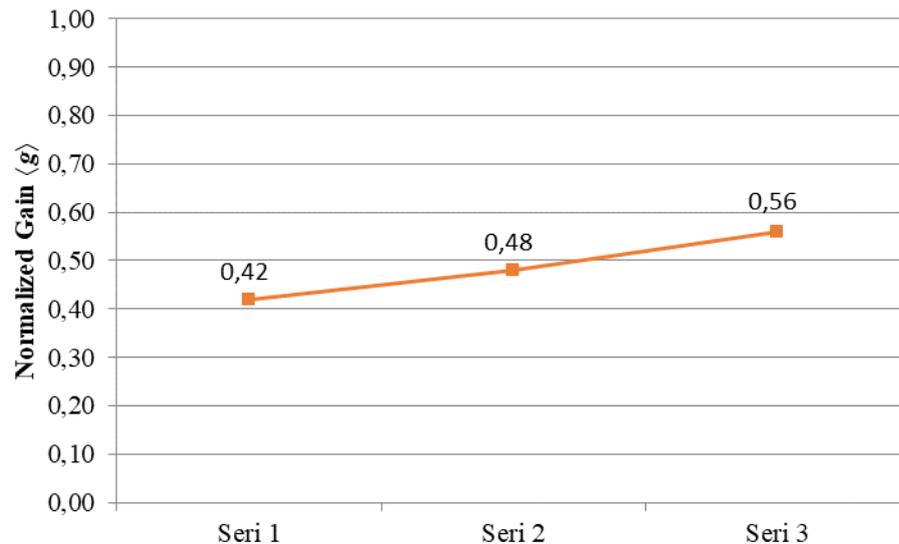
Untuk indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan sangat rendah (10,00%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan tinggi (75,00%). Hal ini menunjukkan bahwa pada indikator ini terdapat perbedaan sebesar 65,00%.

Untuk indikator memutuskan suatu tindakan, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan rendah (32,50%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan tinggi (62,50%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan sebesar 30,00%.

Untuk indikator berinteraksi dengan orang lain, persentase capaian keterampilan berpikir kritis mahasiswa sebelum intervensi dapat dikategorikan sangat rendah (15,00%). Sedangkan setelah intervensi dapat dikategorikan cukup (57,50%). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan sebesar 42,50%.

Untuk mengetahui efektifitas penggunaan aplikasi OG model serial yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa, maka kita dapat membandingkan besarnya rata-rata gain skor ternormalisasi pada setiap serinya. Pola skor gain ternormalisasi sebagai dampak dari intervensi ditunjukkan pada gambar 7. Jika kita perhatikan, nilai gain skor ternormalisasi untuk keterampilan berpikir kritis pada seri 1 sampai seri 3 memiliki pola yang semakin meningkat. Besarnya gain skor ternormalisasi untuk seri 1, 2 dan seri 3 adalah 0,42 (sedang), 0,48 (sedang) dan 0,56 (sedang).

Berdasarkan hasil analisis dan revisi yang telah dilakukan, maka fitur aplikasi OG model serial yang akan diimplementasikan dalam perkuliahan gelombang dan optik khususnya topik interferensi dan difraksi ditunjukkan pada tabel 9.



Gambar 7. Grafik Pola Gain Skor Ternormalisasi Keterampilan Berpikir Kritis pada Uji Coba Aplikasi OG Model Serial untuk Seri 1, 2 dan 3

Tabel 9. Fitur Aplikasi OG Model Serial

Fitur Aplikasi OG	Keterangan
Profil	Fitur ini menampilkan deskripsi data mahasiswa seperti nama lengkap, NIM/ NPM, instansi serta foto mahasiswa yang mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG serta menampilkan <i>reward</i> (bintang-bintang) yang diperoleh.
Gamifikasi	Fitur gamifikasi ini dibangun dengan mengintegrasikan, <i>dependent experiment quiz</i> , <i>remedial teaching</i> dan <i>mastery learning</i> . OG terdiri dari 9 level dan 3 evaluasi.
Forum	Fitur ini digunakan sebagai sarana komunikasi baik antar mahasiswa, maupun antara mahasiswa dengan dosen. Fitur ini juga dapat digunakan untuk menyampaikan berbagai kendala mahasiswa selama mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG. Mahasiswa dapat mengunggah file foto, dokumen word, pdf, excel dan video.
Halaman Prestasi	Fitur ini menampilkan capaian hasil belajar mahasiswa yang telah terurut berdasarkan skor yang diperolehnya selama mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG. Halaman prestasi dapat juga ditampilkan per instansi dan per kelas.
Proyek	Fitur ini digunakan untuk mengadministrasikan kegiatan proyek yang dilakukan mahasiswa pada sistem OG. Mahasiswa dapat mengunggah file foto, dokumen word, pdf, excel dan video.
Papan Pemenang	Fitur ini menampilkan 10 mahasiswa terbaik dari semua mahasiswa yang mengikuti perkuliahan dengan menggunakan sistem OG.

#### 4. Simpulan dan Saran

Hasil analisis data uji coba aplikasi OpticalGamification (OG) model serial menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis mahasiswa mengalami peningkatan dari seri satu ke seri berikutnya. Hal ini dapat ditunjukkan dengan besarnya gain skor ternormalisasi untuk seri 1, 2 dan seri 3 yang masing-masing sebesar 0,42 (sedang), 0,48 (sedang) dan 0,56 (sedang). Dapat disimpulkan bahwa penggunaan aplikasi OG dapat meningkatkan keterampilan berpikir pada mahasiswa.

#### Daftar Pustaka

- Abramovich, S., Schunn, C., & Higashi, R. M. (2013). Are badges useful in education?: It depends upon the type of badge and expertise of learner. *Educational Technology Research and Development*, 61(2), 217–232.
- Alifiyanti, I. F., & Ishafit. (2018). Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan PhET Simulation untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada pokok bahasan teori kinetik gas di MAN 3 Ngawi. *Prosiding Seminar Nasional Quantum*, 392–400.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View*. Holt, Rinehart, and Winston.
- Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2013). Improving participation and learning with gamification. *ACM International Conference Proceeding Series*, 10–17. <https://doi.org/10.1145/2583008.2583010>
- Bartel, A., & Hagel, G. (2014). Engaging students with a mobile game-based learning system in university education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 8(4), 56–60. <https://doi.org/10.3991/ijim.v8i4.3991>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Assessment and teaching of 21st century skills. *Springer Science+Business Media*, 17–66. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2)
- Burkey, D. D., Anastasio, D. D., & Suresh, A. (2013). Improving student attitudes toward the capstone laboratory course using gamification. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--19732>
- Dahar, R. W. (2011). *Teori-Teori Belajar dan Pembelajaran*. Erlangga.
- Deterding, S., Antin, J., Pahlaria, R., & Lawley, E. (2012). Gamification: Designing for motivation. *Interactions*, 19(4), 14–17. <https://doi.org/10.1145/2212877.2212883>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference on Envisioning Future Media Environments - MindTrek '11*, 9. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*. Oct85, 43(2), 44–48. <https://doi.org/10.3102/0034654310376953>
- Flores, E. G. R., Montoya, M. S. R., & Mena, J. (2016). Challenge-based gamification and its impact in teaching mathematical modeling. *ACM International Conference Proceeding Series, 02-04-Nove*, 771–776. <https://doi.org/10.1145/3012430.3012605>
- Gleason, N. W. (2018). *Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0194-0>
- Gordon, N., Brayshaw, M., & Grey, S. (2013). Maximising gain for minimal pain: Utilising natural game mechanics. *Innovation in Teaching and Learning in Information and*

- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Herayanti, L., & Habibi, H. (2017). Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi Komputer untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Calon Guru Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(1), 61. <https://doi.org/10.29303/jpft.v1i1.236>
- Hew, K. F., Huang, B., Chu, K. W. S., & Chiu, D. K. W. (2016). Engaging Asian students through game mechanics: Findings from two experiment studies. *Computers and Education*, 92–93, 221–236. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.10.010>
- Husein, S., Herayanti, L., & Gunawan, G. (2017). Pengaruh Penggunaan Multimedia Interaktif Terhadap Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(3), 221. <https://doi.org/10.29303/jpft.v1i3.262>
- Khalil, M., Ebner, M., & Admiraal, W. (2017). How can gamification improve MOOC student engagement? *Proceedings of the 11th European Conference on Games Based Learning, ECGBL 2017*, 819–828.
- Kurniawan, D. T., Sanusi, N. M., & Kharimah, N. I. (2017). Pembelajaran Konsep Mekanika Fluida Statis Berbantuan Praktikum Virtual dalam Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Calon Guru Matematika. 07(2), 110–118. <https://doi.org/10.1006/jcat.1999.2588>
- Kyewski, E., & Krämer, N. C. (2018). To gamify or not to gamify? An experimental field study of the influence of badges on motivation, activity, and performance in an online learning course. *Computers and Education*, 118(November 2017), 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.006>
- Mekler, E. D., Brühlmann, F., Tuch, A. N., & Opwis, K. (2017). Towards understanding the effects of individual gamification elements on intrinsic motivation and performance. *Computers in Human Behavior*, 71, 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048>
- Mulyana, A., Hindersah, H., & Prihatmanto, A. S. (2016). Gamification design of traffic data collection through social reporting. *Proceedings of the 2015 4th International Conference on Interactive Digital Media, ICIDM 2015*. <https://doi.org/10.1109/IDM.2015.7516315>
- Munandar, H., Sutrio, & Taufik, M. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Media Animasi terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika Siswa SMAN 5 Mataram Tahun Ajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 4(1), 111–120.
- Novak, J. D. (1977). *A theory of education*. Cornell University Press.
- O'Donovan, S., Gain, J., & Marais, P. (2013). A case study in the gamification of a university-level games development course. *ACM International Conference Proceeding Series*, 242–251. <https://doi.org/10.1145/2513456.2513469>
- Pierce, C. E., Gassman, S. L., & Huffman, J. T. (2013). Environments for fostering effective critical thinking in geotechnical engineering education (Geo-EFFECTs). *European Journal of Engineering Education*, 38(3), 281–299. <https://doi.org/10.1080/03043797.2013.800021>
- Pirker, J., Riffnaller-Schiefer, M., & Gütl, C. (2014). Motivational active learning - Engaging

- university students in computer science education. *ITICSE 2014 - Proceedings of the 2014 Innovation and Technology in Computer Science Education Conference*, 297–302. <https://doi.org/10.1145/2591708.2591750>
- Poondej, C., & Lerdpornkulrat, T. (2016). The development of gamified learning activities to increase student engagement in learning. *Australian Educational Computing*, 31(2).
- Pradina, L. P., & Suyatna, A. (2018). Atom Core Interactive Electronic Book to Develop Self Efficacy and Critical Thinking Skills. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, 17(1), 17–23. <http://ezproxy.lib.uconn.edu/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1165751&site=ehost-live>
- Prensky, M. (2001). Fun , Play and Games : What Makes Games Engaging. *Digital Game-Based Learning*, 5(1), 1–31. [http://www.autzones.com/din6000/textes/semaine13/Prensky\(2001\).pdf](http://www.autzones.com/din6000/textes/semaine13/Prensky(2001).pdf)
- Presseisen, B. Z. (1991). Thinking Skills: Meanings and Models Revisited. In Arthur L. Costa (Ed.), *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking. Revised Edition, Volume 1* (Revised Ed, pp. 56–62). Association for Supervision and Curriculum Development. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED332166.pdf>
- Putra, P. D. A., & Sudarti. (2015a). Pengembangan Sistem E-Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 45–48. [www.wisiq.com](http://www.wisiq.com).
- Putra, P. D. A., & Sudarti. (2015b). Real life video evaluation with e-learning system to improve critical thinking skills student. *Jurnal Kependidikan*, 45(1), 76–89.
- Rose, J. A., O'Meara, J. M., Gerhardt, T. C., & Williams, M. (2016). Gamification: Using elements of video games to improve engagement in an undergraduate physics class. *Physics Education*, 51(5), 1–7. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/5/055007>
- Saprudin, S., Liliyasi, L., & Prihatmanto, A. S. (2017). Pre-Service Physics Teachers' Concept Mastery and the Challenges of Game Development on Physics Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012109>
- Saprudin, S., Liliyasi, S., Prihatmanto, A. S., & Setiawan, A. (2019a). Profile of pre-service physics teachers' creative thinking skills on wave and optics course. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032030>
- Saprudin, S., Liliyasi, S., Prihatmanto, A. S., & Setiawan, A. (2019b). Pre-service physics teachers' thinking styles and its relationship with critical thinking skills on learning interference and diffraction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032029>
- Saprudin, S., Liliyasi, S., Prihatmanto, A. S., Setiawan, A., Viridi, S., Safitri, H., Yulina, I. K., & Rochman, C. (2020b). Gamified experimental data on physics experiment to measuring the acceleration due to gravity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032079>
- Saprudin, S. (2018). Analisis Kesiapan dan Strategi Monitoring Evaluasi Program Pengembangan Perkuliahan Gelombang dan Optik Berbasis Game. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 2(1), 28–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.30599/jipfri.v2i1.207>
- Saprudin, S., Liliyasi, L., Prihatmanto, A. S., & Setiawan, A. (2019). The Potential of Gamification in Developing Pre-Service Physics Teachers' Critical and Creative Thinking Skills. *Omega: Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika*, 5(1), 167–171. <https://doi.org/10.31758/OMEGAJPHYSPHYSEDUC.V5I1.7>

- Saprudin, Saprudin, Liliyasi, L., Setiawan, A., & Prihatmanto, A. S. (2019). The effectiveness of using digital game towards students' academic achievement in small and large classes: A comparative research. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 18(12). <https://doi.org/10.26803/ijlter.18.12.12>
- Saprudin, Saprudin, Liliyasi, L., Setiawan, A., & Prihatmanto, A. S. (2020). Optical Gamification (OG); Serial Versus Random Model to Improve Pre-Service Physics Teachers' Concept Mastery. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(09). <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i09.11779>
- Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories an Educational Perspective, Sixth Edition (Teori-teori Pembelajaran: Perspektif Pendidikan)*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Yüksel, G., & Alçı, B. (2012). Self-efficacy and critical thinking dispositions as predictors of success in school practicum. *International Online Journal of Educational Sciences*, 4(1), 81–90.
- Zhou, Q., Huang, Q., & Tian, H. (2013). Developing Students' Critical Thinking Skills by Task-Based Learning in Chemistry Experiment Teaching. *Creative Education*, 04(12), 40–45. <https://doi.org/10.4236/ce.2013.412a1006>