

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Paradigma Penelitian

Optika dimaknai sebagai salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari perilaku cahaya, sifat-sifat fisis cahaya serta interaksinya dengan materi. Salah satu cabang dari optika adalah optika fisis yakni cabang optika yang mempelajari proses-proses terkait sifat gelombang cahaya. Secara umum konsep-konsep pada materi optika fisis khususnya untuk topik interferensi dan difraksi mengandung label konsep yang menunjukkan proses. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa untuk memudahkan mahasiswa menguasai konsep dapat dilakukan melalui simulasi interaktif sehingga fenomena fisis dapat divisualisasi serta memberi kesempatan mahasiswa untuk berinteraksi secara *virtual*.

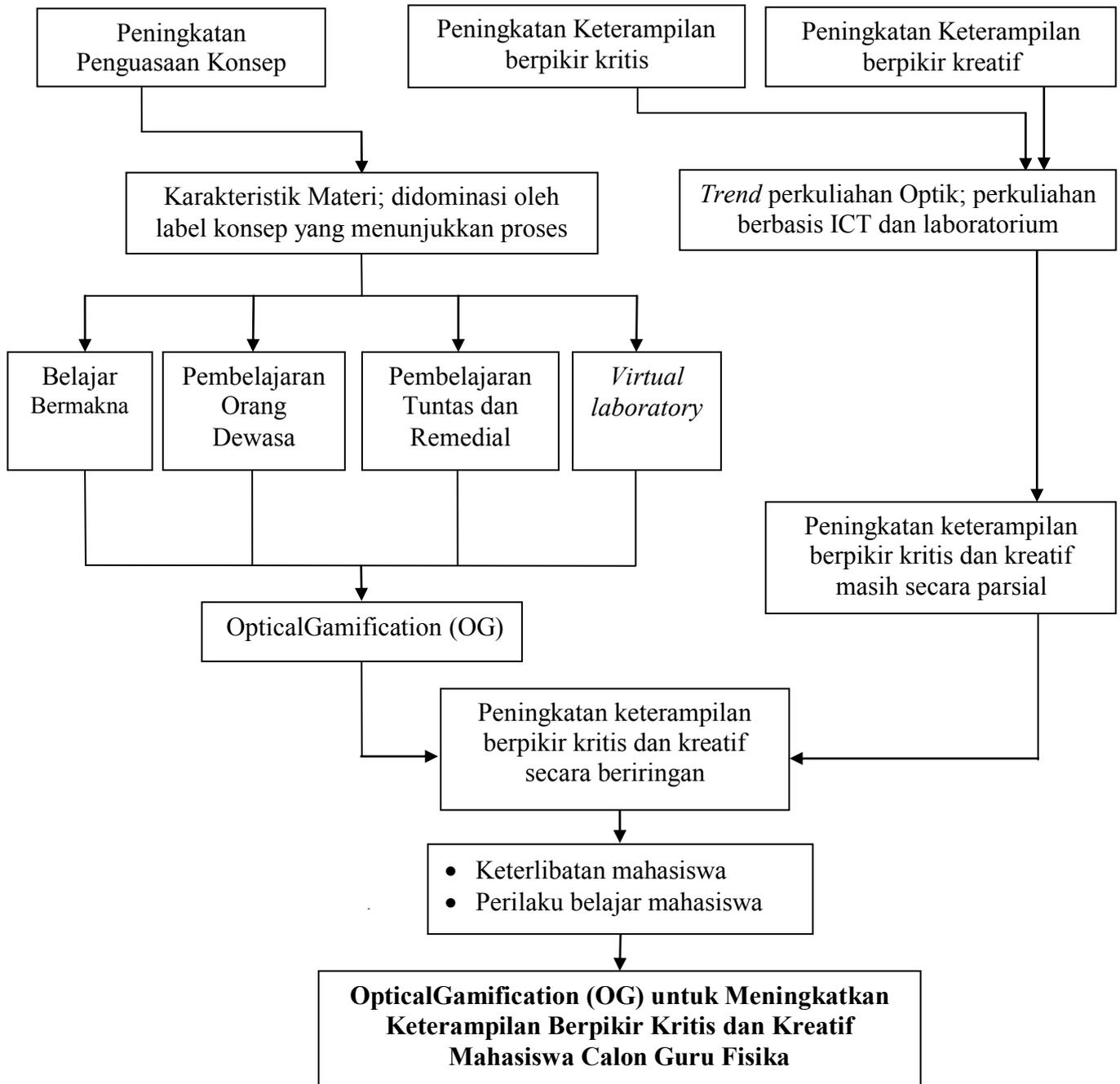
Salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan mahasiswa pada perkuliahan optik adalah adanya keterlibatan mahasiswa baik secara langsung maupun secara virtual sehingga mereka dapat berinteraksi dengan fenomena fisis yang terjadi. Salah satu strategi yang menjamin untuk meningkatkan keterlibatan mahasiswa dengan cara yang berarti didapatkan melalui gamifikasi.

OpticalGamification (OG) merupakan suatu aplikasi berbasis *information and communication technology* (ICT) dengan menerapkan elemen-elemen desain game dalam konteks optik yang serius. Dengan adanya aplikasi gamifikasi berbasis ICT memungkinkan pembelajaran yang disajikan tidak terbatas oleh ruang dan waktu, melakukan penilaian secara otomatis, memberi kesempatan melakukan pengulangan evaluasi dalam jumlah yang tak terbatas, memungkinkan adanya pengaturan kebebasan akses mahasiswa serta dapat merekam riwayat penjelajahan mahasiswa selama mengikuti pembelajaran.

Pengaturan variasi akses mahasiswa terhadap sub topik-sub topik (yang dinyatakan dalam level) pada topik interferensi dan difraksi dalam OpticalGamification (OG) dimaksudkan untuk memfasilitasi beragamnya perilaku terkait cara belajar mahasiswa. Sebagai contoh mahasiswa memungkinkan untuk belajar secara berurutan atau secara acak. Variasi akses mahasiswa terhadap

beberapa atau keseluruhan sub topik (level) dari materi pembelajaran berkaitan erat dengan cara belajar yang berpotensi dalam peningkatan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif secara beriringan bagi mahasiswa calon guru fisika.

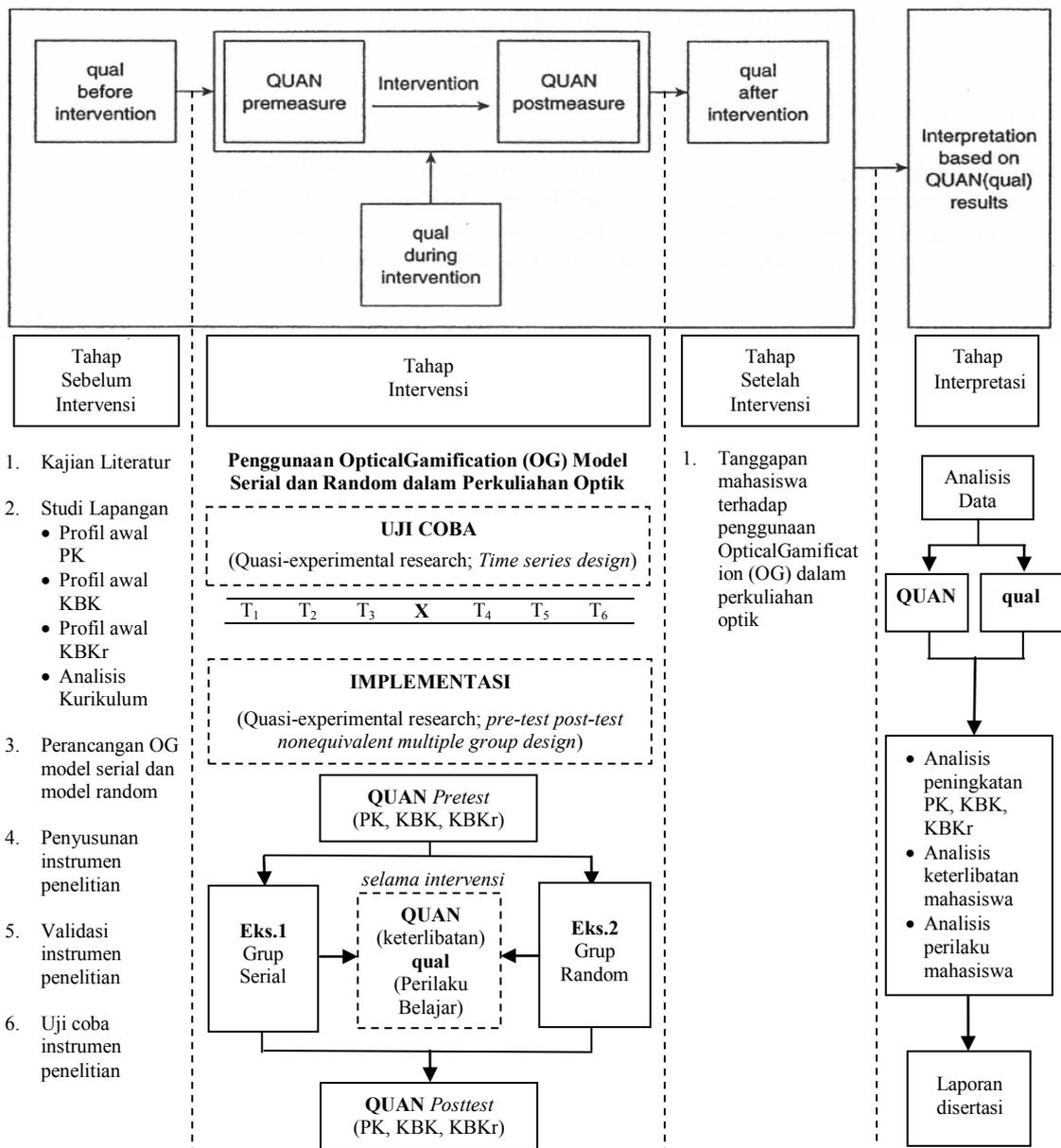
Adapun paradigma penelitian dapat ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Paradigma Penelitian

B. Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan *mixed methods* yakni suatu metode penelitian yang mengintegrasikan metode penelitian kualitatif dan metode penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif (Creswell & Clark, 2007). Desain *mixed methods* yang dipilih adalah *embedded experimental model* seperti ditunjukkan pada gambar 3.2.



Catatan: T₁, T₂, T₃ = pretest seri 1, 2 dan 3; T₄, T₅, T₆ = posttest seri 1, 2 dan 3; X = intervensi

Gambar 3.2. Mixed Methods dengan Desain Embedded Experimental Model

C. Lokasi dan Subyek Penelitian

Uji coba OpticalGamification (OG) model random melibatkan 34 mahasiswa calon guru fisika ($L = 6$, $P = 28$, rerata umur 20 tahun) yang mengikuti perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi pada salah satu universitas di kota Jakarta, semester ganjil tahun akademik 2018/2019. Sedangkan uji coba OpticalGamification (OG) model serial dilakukan dengan melibatkan 20 mahasiswa fisika ($L = 6$, $P = 14$, rerata umur 19,5 tahun) yang mengikuti perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi pada salah satu universitas di kota Bandung, semester genap tahun akademik 2018/2019.

Tahap implementasi dilakukan pada dua lokasi. Pada lokasi I, implementasi melibatkan 48 mahasiswa calon guru fisika yang mengikuti perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi pada salah satu universitas di kota Ternate, semester genap tahun akademik 2018/2019. Sampel tersebar pada dua grup yakni grup eksperimen 1 (26 mahasiswa, $L = 6$, $P = 20$, rerata umur 19 tahun) dan grup eksperimen 2 (22 mahasiswa, $L = 6$, $P = 16$, rerata umur 19 tahun). Pada lokasi II, implementasi melibatkan 58 mahasiswa calon guru fisika yang mengikuti perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi pada salah satu universitas di kota Bandung, semester genap tahun akademik 2018/2019. Sampel tersebar pada dua grup yakni grup eksperimen 1 (18 mahasiswa, $L = 5$, $P = 13$, rerata umur 19 tahun 8 bulan) dan grup eksperimen 2 (40 mahasiswa, $L = 10$, $P = 30$, rerata umur 20 tahun 2 bulan).

D. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dapat dimaknai sebagai segala sesuatu yang telah ditentukan peneliti untuk dapat dipelajari dan diperoleh informasi terkait hal tersebut (Creswell, 2015). Variabel dalam penelitian ini meliputi:

1. Variabel bebas: penggunaan OpticalGamification (OG) model serial dan model random.
2. Variabel terikat: penguasaan konsep (PK), keterampilan berpikir kritis (KBK) dan keterampilan berpikir kreatif (KBKr).
3. Variabel kontrol: sarana dan prasarana ICT serta waktu perkuliahan.

E. Hipotesis Penelitian

Desain OG model serial dan model random memiliki perbedaan dalam hal akses mahasiswa terhadap materi atau tugas-tugas yang harus dikerjakan oleh mahasiswa baik dalam level maupun evaluasi. Pada desain OG model serial, mahasiswa belajar dalam sesi-sesi yang dikerjakan secara berurutan. Sedangkan pada desain OG model random, mahasiswa dapat belajar secara acak sesuai keinginannya. Pengembangan konsep dapat berlangsung 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). Mahasiswa yang belajar dengan menggunakan desain OG model serial diasumsikan akan memiliki penguasaan konsep yang lebih baik dibandingkan model random. Namun, dalam desain OG model random yang dikembangkan, adanya kebebasan akses mahasiswa memungkinkan mereka untuk memilih konsep mana yang mereka butuhkan sehingga memungkinkan mereka untuk dapat memilih konsep yang paling inklusif untuk dipelajari terlebih dahulu, sehingga pada akhirnya mahasiswa yang belajar dengan menggunakan desain OG model random dapat mencapai penguasaan konsep yang sama dengan mahasiswa yang menggunakan desain OG model serial. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah “*tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan penguasaan konsep antara mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model serial dan OG model random*” yang secara statistik ditulis $\mu_1 = \mu_2$ (μ_1 = peningkatan penguasaan konsep mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model serial, μ_2 = peningkatan penguasaan konsep mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model random). Hipotesis ini didukung oleh hasil penelitian dalam *sport education* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada hasil belajar ranah psikomotorik antara grup serial dan grup random dalam pembelajaran tiga servis badminton (Goode & Magill, 1986).

Desain OG baik model serial maupun model random memiliki fitur profil, gamifikasi, forum, proyek, halaman prestasi dan *leaderboards*. Pada kedua desain

OG tersebut, keterampilan berpikir kritis (KBK) dilatihkan melalui fitur gamifikasi yang disajikan dalam bentuk *virtual laboratory* dengan bantuan simulasi komputer (Herayanti & Habibi, 2017; Alifiyanti & Ishafit, 2018; Pradina & Suyatna, 2018; Kurniawan, *et al.*, 2018). Pada kedua desain OG, *virtual laboratory* dirancang dengan mengintegrasikan *dependent experimental quiz*, *remedial teaching* dan *mastery learning*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah “*tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kritis antara mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model serial dan OG model random*” yang secara statistik ditulis $\mu_3 = \mu_4$ (μ_3 = peningkatan KBK mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model serial, μ_4 = peningkatan KBK mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model random).

Fitur gamifikasi yang disajikan dalam bentuk *virtual laboratory* juga berpotensi dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif (Jannah, 2015; Cahyasari & Haryanti, 2016; Hermansyah, *et al.*, 2017). Pada kedua desain OG baik model serial maupun model random, *dependent experimental quiz* pada fitur gamifikasi menyajikan seperangkat kuis-kuis praktikum yang memiliki lebih dari satu jawaban. Kuis-kuis tersebut berpotensi dalam melatih keterampilan berpikir kreatif (KBKr) mahasiswa. Pada desain OG model random, potensi peningkatan KBKr mahasiswa ditunjang juga oleh adanya kebebasan akses mahasiswa yang berpotensi dalam memfasilitasi beragamnya perilaku belajar mahasiswa. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah “*terdapat perbedaan yang signifikan dalam peningkatan keterampilan berpikir kreatif antara mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model serial dan OG model random*” yang secara statistik ditulis $\mu_5 \neq \mu_6$ (μ_5 = peningkatan KBKr mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model serial, μ_6 = peningkatan KBKr mahasiswa yang belajar dengan menggunakan OG model random). Hipotesis ini didukung oleh hasil penelitian yang menyatakan bahwa pola urutan perilaku yang beragam inilah yang akan berdampak pada peningkatan KBKr mahasiswa (Hsiao, *et al.*, 2014).

F. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilaksanakan dalam penelitian ini digambarkan melalui tahap sebelum intervensi, tahap intervensi, tahap setelah intervensi dan tahap interpretasi.

1. Tahap Sebelum Intervensi

a. Studi Pendahuluan

- 1) Kajian literatur ditujukan untuk menelusuri teori-teori, mengkaji penelitian terdahulu melalui analisis jurnal-jurnal yang relevan.
- 2) Studi lapangan tahap pertama dilakukan pada 60 mahasiswa calon guru fisika pada salah satu universitas di kota Ternate. Studi lapangan tahap pertama dimaksudkan untuk memotret profil penguasaan konsep mahasiswa calon guru fisika, sehingga dapat diketahui pada topik-topik mana saja yang capaian penguasaan konsepnya masih lemah.
- 3) Studi lapangan tahap kedua dilakukan pada 46 mahasiswa calon guru fisika yang mengikuti perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi pada salah satu universitas di kota Ternate. Tujuan studi lapangan tahap kedua ini adalah untuk memotret profil keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa calon guru fisika.
- 4) Analisis kurikulum program studi pendidikan fisika. Untuk mendapatkan informasi terkait kurikulum, peneliti melakukan tiga tahap survey. Survey tahap pertama difokuskan untuk menyelidiki sebaran mata kuliah gelombang dan optik pada 22 struktur kurikulum di program studi pendidikan fisika yang dokumen kurikulumnya dapat diakses secara *online*. Survey tahap kedua dilakukan dengan melibatkan 6 program studi pendidikan fisika yang dipandang dapat mewakili sampel pada survey pertama. Survey tahap kedua ini difokuskan untuk menganalisis mata kuliah mana saja yang memungkinkan dilakukan penguatan konten materi optik. Survey tahap ketiga dilakukan dengan menganalisis rencana pembelajaran semester (RPS) yang difokuskan untuk menelusuri orientasi dan bagaimana penguatan konten materi optik dilakukan pada

mata kuliah yang ditemukan pada survey kedua. Konten materi optik yang diteliti dalam penelitian ini dibatasi pada konten optik geometri dan optik fisis.

- b. Pengembangan perangkat perkuliahan terutama pada pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) topik interferensi dan difraksi.
- c. Pengembangan instrumen penelitian (tes terintegrasi penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis dan keterampilan berpikir kreatif, serta angket).
- d. Perancangan OpticalGamification (OG) model serial dan model random. OpticalGamification (OG) baik model serial maupun model random dapat diakses pada laman <http://opticalgamification.pptik.id>.

Desain OpticalGamification (OG) baik model serial maupun model random memiliki fitur profil, gamifikasi, forum, proyek, halaman prestasi dan *leaderboards*. Peningkatan keterampilan berpikir kritis dan berpikir kreatif melalui kedua model desain OpticalGamification (OG) ini ditunjang oleh fitur gamifikasi dan proyek, serta pengaturan akses mahasiswa terhadap level (sub topik) dan evaluasi yang disajikan dalam aplikasi tersebut. Fitur gamifikasi dibangun dengan mengintegrasikan *dependent experimental quiz*, *remedial teaching* dan *mastery learning*. Fitur gamifikasi dirancang dengan menerapkan model pembelajaran siklus belajar tipe empiris abduktif yang meliputi: 1) fase eksplorasi, 2) fase pengenalan konsep dan 3) fase aplikasi konsep (Lawson, 1998).

1) Fase Eksplorasi

Pada fase eksplorasi, indikator KBK yang memiliki potensi untuk dilatihkan diantaranya indikator menganalisis argumen (KBK-A), indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi (KBK-C), indikator membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi (KBK-D) dan indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi (KBK-F). Indikator keterampilan berpikir kreatif (KBK_r) yang memiliki potensi untuk dilatihkan pada fase ini adalah indikator *fluency*, *flexibility* dan *elaboration*. Untuk lebih

jelasnya, masing-masing indikator KBK dan KBK_r diuraikan sebagai berikut:

- Untuk indikator KBK-A, melalui kegiatan eksplorasi praktikum secara virtual dapat melatih keterampilan mahasiswa dalam mencari persamaan dan perbedaan. Sebagai contoh mahasiswa dapat menemukan persamaan dan perbedaan karakteristik gelombang cahaya dan bunyi, menemukan besarnya perbedaan fase dua gelombang yang akan menghasilkan interferensi konstruktif atau destruktif.
- Untuk indikator KBK-C, melalui kegiatan eksplorasi praktikum secara virtual diharapkan dapat melatih keterampilannya dalam mencatat hal-hal yang diinginkan terkait data atau informasi terkait praktikum virtual yang dilakukan.
- Untuk indikator KBK-D, praktikum secara virtual diharapkan dapat melatih keterampilan mahasiswa dalam membuat generalisasi, misalnya dalam membuat generalisasi terkait model matematik untuk menentukan jumlah maksimum sekunder dan jumlah minimum yang terdapat diantara dua maksimum yang berurutan pada interferensi banyak celah.
- Untuk indikator KBK-F, melalui eksplorasi praktikum secara virtual mahasiswa dapat membangun pengetahuannya sendiri sehingga ia dapat mendefinisikan berbagai istilah dan mempertimbangkan definisi berdasarkan pengalaman belajarnya sendiri.
- Untuk indikator *fluency*, melalui *dependen experimental quiz* yang disajikan, mahasiswa dilatihkan untuk mengungkapkan banyak jawaban atau penyelesaian yang lebih dari satu terkait permasalahan yang disajikan berdasarkan pada praktikum yang dilakukan secara virtual. Dari jawaban-jawaban yang diungkapkan melalui jawaban yang disubmit pada aplikasi OpticalGamification (OG), diharapkan mahasiswa dapat membangun konsep nya sendiri.

- Untuk indikator *flexibility*, melalui praktikum secara virtual mahasiswa dilatihkan untuk menerapkan konsep dengan cara yang berbeda-beda dalam menyelesaikan permasalahan, memberikan banyak penafsiran atau interpretasi dari suatu permasalahan (seperti gambar, grafik atau cerita), dan menerapkan konsep/ azas dengan cara atau metode yang berbeda-beda.
- Untuk indikator *elaboration*, melalui praktikum secara virtual mahasiswa dilatihkan untuk melakukan langkah-langkah secara rinci untuk dapat menemukan makna/ arti yang lebih mendalam terhadap jawaban dari permasalahan yang disajikan melalui *virtual laboratory*.

2) Fase Eksplorasi

Pada fase pengenalan konsep, indikator KBK yang terlatihkan diantaranya indikator mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber (KBK-B) dan indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi (KBK-F). Indikator keterampilan berpikir kreatif (KBK_r) yang dapat terlatih pada fase pengenalan konsep meliputi indikator *fluency*, *flexibility* dan *elaboration*. Untuk lebih jelasnya, masing-masing indikator KBK dan KBK_r diuraikan sebagai berikut:

- Untuk indikator KBK-B, melalui kegiatan diskusi diharapkan dapat melatih keterampilan mahasiswa dalam memberikan alasan. Alasan-alasan ini terkait dengan jawaban-jawaban terhadap kuis-kuis yang disajikan dalam *virtual laboratory* pada fase eksplorasi.
- Untuk indikator KBK-D, pada fase ini juga mahasiswa dilatihkan keterampilannya dalam membuat generalisasi. Hal ini dilakukan untuk memberikan penguatan konsep-konsep yang diperoleh mahasiswa serta meluruskan konsep-konsep yang masih belum jelas atau bahkan masih terjadi miskonsepsi.
- Untuk indikator KBK-F, melalui diskusi diharapkan mahasiswa dapat meningkatkan keterampilannya dalam mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi. Konsep-konsep yang sudah benar

dikuatkan dan konsep yang masih miskonsepsi didiskusikan untuk memperoleh konsep yang benar. Pada fase ini juga dilakukan penguatan pada konten matematik dari konsep-konsep yang diajarkan.

- Untuk indikator KBK_r, melalui diskusi yang dilakukan mahasiswa dilatihkan untuk mengungkapkan banyak jawaban yang lebih dari satu terkait permasalahan yang disajikan dalam praktikum yang dilakukan pada fase eksplorasi (*fluency*), menghasilkan gagasan/jawaban atau atau pertanyaan yang bervariasi (*flexibility*), merinci atau mengembangkan konsep atau gagasan yang dihasilkan saat fase eksplorasi (*elaboration*).

3) Fase Eksplorasi

Pada fase aplikasi konsep, indikator KBK yang berpotensi untuk dilatihkan diantaranya indikator menganalisis argumen (KBK-A), indikator mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber (KBK-B), indikator mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi (KBK-C), indikator membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi (KBK-D), indikator membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan (KBK-E), indikator mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi (KBK-F), indikator memutuskan suatu tindakan (KBK-G) dan indikator berinteraksi dengan orang lain (KBK-H). Indikator keterampilan berpikir kreatif (KBK_r) yang dapat terlatih pada fase ini adalah indikator *fluency*, *flexibility* dan *elaboration*. Untuk lebih jelasnya, masing-masing indikator KBK dan KBK_r diuraikan sebagai berikut:

- Untuk indikator KBK-E, melalui permasalahan fisika yang disajikan pada menu evaluasi diharapkan mahasiswa dapat terlatihkannya dalam menerapkan konsep-konsep yang telah diperoleh pada fase eksplorasi dan fase pengenalan konsep dalam situasi yang berbeda serta dapat menyelesaikan permasalahan fisika.

- Untuk indikator KBK-G, melalui permasalahan yang disajikan dalam evaluasi dapat melatih keterampilan mahasiswa dalam merumuskan solusi alternatif dari permasalahan fisika misalnya merumuskan solusi alternatif terkait tindakan yang dapat dilakukan untuk memperbesar jarak dua pola terang yang berdekatan di layar pada interferensi celah ganda, solusi alternatif terkait kisi difraksi yang dapat digunakan untuk memisahkan *doblet natrium* pada orde tertentu.
- Untuk indikator KBK-H, melalui permasalahan fisika yang disajikan dalam evaluasi diharapkan dapat melatih keterampilan mahasiswa dalam mengembangkan dan menanggapi konsep-konsep yang keliru misalnya dalam mengembangkan dan menanggapi konsep-konsep yang keliru terkait data-data hasil percobaan difraksi celah tunggal, fenomena pemisahan dua garis spektrum dari isotop-isotop yang berbeda dengan menggunakan suatu spektrometer.
- Untuk indikator KBK-A, KBK-B, KBK-C, KBK-D, KBK-F, indikator *fluency*, *flexibility* dan *elaboration* dilatihkan secara lebih lanjut pada situasi lain yang berbeda sehingga dapat terintegrasi dengan disiplin sains secara lebih luas melalui permasalahan-permasalahan fisika yang disajikan pada menu evaluasi dalam bentuk kuis. Kombinasi penyajian kuis dengan jawaban tunggal dan jawaban beragam diharapkan dapat melatih keterampilan berpikir kritis (KBK) dan berpikir kreatif (KBKr) secara beriringan selama kegiatan pembelajaran berlangsung.

Peningkatan keterampilan berpikir kreatif (KBKr) khususnya indikator *originality* dilatihkan pada fitur proyek. Pada fitur ini mahasiswa diberi tugas melakukan suatu mini proyek dalam rangka penerapan dari konsep-konsep yang diperoleh mahasiswa melalui fitur gamifikasi. Proyek yang diberikan yaitu, sebuah praktikum untuk menentukan indeks bias zat cair dengan menggunakan kisi difraksi. Administrasi pelaksanaan proyek tersebut seperti

laporan, dokumentasi praktikum (foto dan video) diunggah melalui fitur proyek pada aplikasi OG. Melalui proyek yang dilakukan, mahasiswa diharapkan dapat menghasilkan ide atau gagasan yang unik (tidak lazim) terkait rancangan praktikum untuk menentukan kualitas minyak goreng yang baik dengan menerapkan kisi difraksi.

e. Tahap Validasi

Validasi dilakukan pada beberapa item diantaranya; validasi instrumen butir soal terintegrasi, validasi OpticalGamification (OG), dan validasi lembar kerja mahasiswa (LKM) yang terdiri dari;

- 1) level 1 (L1): LKM karakteristik gelombang cahaya
- 2) level 2 (L2): LKM superposisi gelombang
- 3) level 3 (L3): LKM interferensi celah ganda (bagian 1)
- 4) level 4 (L4): LKM interferensi celah ganda (bagian 2)
- 5) level 5 (L5): LKM interferensi banyak celah
- 6) level 6 (L6): LKM difraksi celah tunggal
- 7) level 7 (L7): LKM difraksi celah berbentuk lingkaran
- 8) level 8 (L8): LKM kisi difraksi
- 9) level 9 (L9): LKM *resolving power*

2. Tahap Intervensi

a. Uji coba OpticalGamification (OG) model Serial dan model Random

Uji coba OpticalGamification (OG) baik model serial maupun model random dilakukan dengan menggunakan desain *time series*.

b. Gambaran Implementasi Penggunaan OpticalGamification (OG)

Program pembelajaran melalui OpticalGamification (OG) dilaksanakan dalam kurun waktu 6 minggu dengan 1 kali tatap muka pada setiap minggunya. Setting pembelajaran dirancang dengan menerapkan *blended learning* yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Setting Pembelajaran Topik Interferensi dan Difraksi

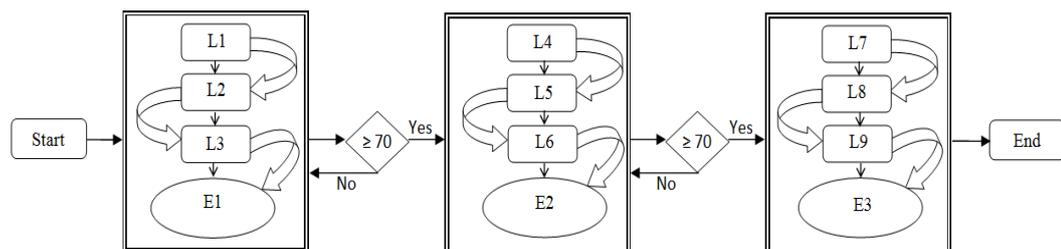
Minggu ke-i	Tatap Muka		Online (OpticalGamification)	
	Grup Serial	Grup Random	Grup Serial	Grup Random
1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pretest</i> • Mekanisme pembelajaran melalui Optical Gamification (OG) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pretest</i> • Mekanisme pembelajaran melalui Optical Gamification (OG) 	<ul style="list-style-type: none"> • L1, L2, L3 dan E1 	<ul style="list-style-type: none"> • L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, E1, E2 dan E1 (dipilih sesuai keinginan mahasiswa)
2	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusi L1, L2 dan L3 • Penguatan aspek matematis L1, L2 dan L3 	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusi dan penguatan aspek matematis (mahasiswa memilih 3 subtopik yang akan dibahas sesuai kesepakatan bersama) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa dengan skor E1 < 70, dapat mengulangi E1 • Mahasiswa dengan skor E1 ≥ 70 dapat melanjutkan pada L4, L5, L6 	<ul style="list-style-type: none"> • L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, E1, E2 dan E1 (dipilih sesuai keinginan mahasiswa)
3	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusi L4, L5, L6 • Penguatan aspek matematis L4, L5 dan L6 	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusi dan penguatan aspek matematis (mahasiswa memilih 3 subtopik yang akan dibahas sesuai kesepakatan bersama) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa dengan skor E1 < 70, dapat mengulangi E1 • Mahasiswa dengan skor E1 ≥ 70 dapat melanjutkan pada L4, L5, L6 • Mahasiswa dengan skor E1 dan E2 ≥ 70 dapat melanjutkan pada L7, L8, L9 	<ul style="list-style-type: none"> • L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, E1, E2 dan E1 (dipilih sesuai keinginan mahasiswa)
4	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusi L7, L8, L9 • Penguatan aspek matematis L7, L8, L9 	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusi dan penguatan aspek matematis (mahasiswa memilih 3 subtopik yang akan dibahas sesuai 	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa dengan skor E1 < 70, dapat mengulangi E1 • Mahasiswa dengan skor E1 ≥ 70 dapat melanjutkan pada L4, L5, 	<ul style="list-style-type: none"> • L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, E1, E2 dan E1 (dipilih sesuai keinginan mahasiswa)

Tabel 3.1. Setting Pembelajaran Topik Interferensi dan Difraksi (Lanjutan)

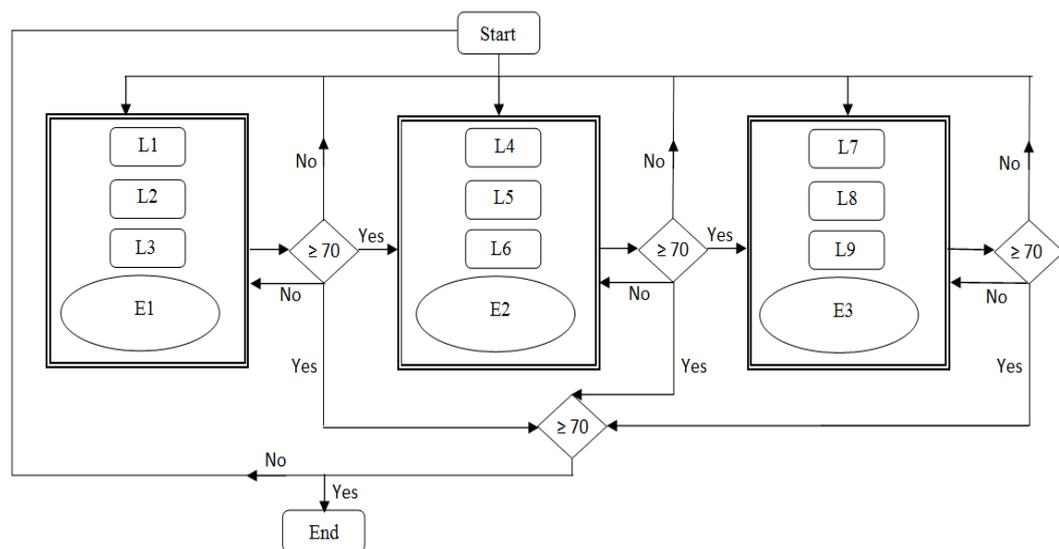
Minggu ke-i	Tatap Muka		Online (OpticalGamification)	
	Grup Serial	Grup Random	Grup Serial	Grup Random
		kesepakatan bersama)	L6 • Mahasiswa dengan skor E1 dan $E2 \geq 70$ dapat melanjutkan pada L7, L8, L9	
5	Proyek: Praktikum	Proyek; Praktikum	<ul style="list-style-type: none"> • Mahasiswa dengan skor E1 < 70, dapat mengulangi E1 • Mahasiswa dengan skor E1 ≥ 70 dapat melanjutkan pada L4, L5, L6 • Mahasiswa dengan skor E1 dan $E2 \geq 70$ dapat melanjutkan pada L7, L8, L9 • Mengupload laporan serta dokumentasi proyek 	<ul style="list-style-type: none"> • L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, E1, E2 dan E1 (dipilih sesuai keinginan mahasiswa) • Mengupload laporan serta dokumentasi proyek
6	<i>Posttest</i>	<i>Posttest</i>	Mahasiswa dapat mengikuti <i>posttest</i> jika telah sukses melewati pembelajaran melalui OpticalGamification (OG)	

Pada OpticalGamification (OG) model serial, penyajian materi dibagi menjadi tiga sesi. Setiap sesi terdiri dari tiga level (subtopik) dan satu evaluasi (E). Pada minggu pertama semua mahasiswa mengikuti *pretest* dan penjelasan terkait mekanisme pembelajaran melalui OpticalGamification (OG). Minggu kedua mahasiswa mengikuti pembelajaran sesi 1 yang terdiri dari L1, L2, L3 dan E1. Setiap level hanya bisa dikerjakan satu kali,

sedangkan setiap evaluasi bisa dikerjakan secara berulang-ulang dan menjadi syarat untuk memasuki sesi berikutnya. Mahasiswa melakukan pembelajaran secara berurutan pada setiap sesinya. Mahasiswa diharuskan lulus evaluasi 1 dengan skor minimal 70 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. Setelah selesai mengikuti pembelajaran melalui OpticalGamification (OG), mahasiswa mengikuti *posttest*.



Gambar 3.3. OpticalGamification (OG) Model Serial



Gambar 3.4. OpticalGamification (OG) Model Random

Pada OpticalGamification (OG) model random, mahasiswa dapat mempelajari beberapa subtopik (level) dengan urutan yang acak pada setiap sesinya bahkan diperbolehkan untuk lintas sesi. Mahasiswa juga diberi kebebasan untuk memilih level atau evaluasi pada sesi yang mana saja sesuai

dengan keinginannya. Mahasiswa bisa dikatakan sukses melewati pembelajaran melalui OpticalGamification (OG) ketika mahasiswa dapat memperoleh nilai ≥ 70 untuk semua evaluasi.

c. Uji Coba

Uji coba skala kecil untuk OpticalGamification (OG) model random dilakukan pada 34 mahasiswa calon guru fisika yang mengontrak mata kuliah optik pada salah satu universitas di kota Jakarta. Uji coba skala kecil untuk OpticalGamification (OG) model serial dilakukan pada 20 mahasiswa fisika yang mengontrak mata kuliah gelombang dan optik pada salah satu universitas di kota Bandung. Uji coba skala kecil dilakukan pada satu kelas yang dikenai perlakuan perkuliahan optik khususnya materi interferensi dan difraksi dengan menggunakan OpticalGamification (OG).

d. Implementasi

Implementasi OpticalGamification (OG) dilakukan di dua lokasi yang berbeda. Pada lokasi pertama, implementasi melibatkan 48 mahasiswa calon guru fisika pada salah satu universitas di kota Ternate. Sampel tersebar pada dua grup yakni grup eksperimen 1 (26 mahasiswa) dan grup eksperimen 2 (22 mahasiswa). Pada lokasi kedua, implementasi melibatkan 58 mahasiswa calon guru fisika pada salah satu universitas di Kota Bandung. Sampel tersebar pada dua grup yakni grup eksperimen 1 (18 mahasiswa) dan grup eksperimen 2 (40 mahasiswa).

3. Tahap Setelah Intervensi

Pada tahap ini, peneliti menyebarkan angket untuk menelusuri tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan OpticalGamification (OG) baik model serial maupun model random dalam perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi.

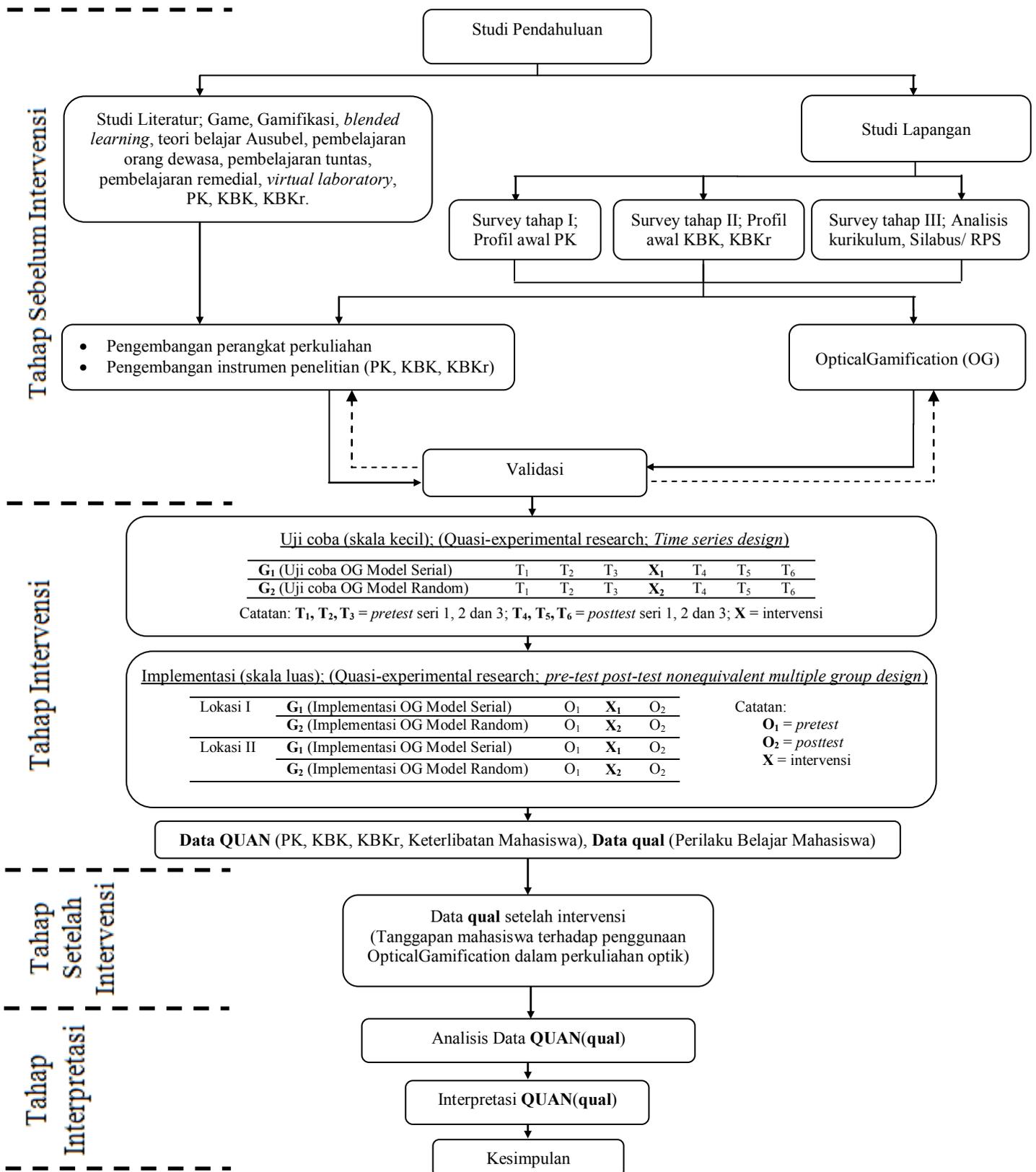
4. Tahap Interpretasi

Pada tahap ini semua data-data yang diperoleh baik data kuantitatif (**QUAN**) maupun kualitatif (**qual**) dianalisis. Data kualitatif dianalisis secara deskriptif, sedangkan data kuantitatif dianalisis dengan menggunakan statistik inferensial. Hasil analisis baik data kualitatif maupun kuantitatif diinterpretasi untuk

mendapatkan informasi terkait; 1) karakteristik OpticalGamification (OG) yang dikembangkan dalam penelitian ini, 2) dampak penggunaan OpticalGamification (OG) dalam perkuliahan optik terhadap peningkatan penguasaan konsep mahasiswa calon guru fisika, 3) dampak penggunaan OpticalGamification (OG) dalam perkuliahan optik terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis mahasiswa calon guru fisika, 4) dampak penggunaan OpticalGamification (OG) dalam perkuliahan optik terhadap peningkatan keterampilan berpikir kreatif mahasiswa calon guru fisika. Hasil interpretasi dilaporkan dalam bentuk disertasi.

G. Alur Penelitian

Alur penelitian pada penelitian ini disajikan seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Alur penelitian

H. Instrumen Penelitian

Tabel 3.2 menunjukkan ringkasan hubungan antara tahapan penelitian, data, teknik pengumpulan data serta jenis instrumen yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.2. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Tahap Penelitian	Data	Teknik Pengumpulan Data	Jenis Instrumen
Sebelum Intervensi	Profil awal PK	Tes	Soal-soal uji kompetensi guru fisika pada program sertifikasi guru
	Profil awal KBK	Tes	Tes terintegrasi PK dan KBK
	Profil awal KBKr	Tes	Tes terintegrasi PK dan KBKr
	Analisis penguatan konten optik dalam kurikulum program studi pendidikan fisika	Non tes	Lembar <i>review</i> dokumen kurikulum
	Hasil validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)	Non tes	Lembar validasi LKM
	Hasil validasi OpticalGamification (OG)	Non tes	Lembar validasi aplikasi OG
	Hasil validasi instrumen tes (PK, KBK, KBKr)	Non tes	Lembar validasi instrumen tes
Tahap intervensi	Data <i>pretest</i> PK, KBK dan KBKr	Tes	Tes terintegrasi PK, KBK dan KBKr
	Data <i>posttest</i> PK, KBK dan KBKr	Tes	Tes terintegrasi PK, KBK dan KBKr
	Data keterlibatan mahasiswa	Non tes	Basis data <i>log history</i> OpticalGamification (OG)
	Data perilaku mahasiswa	Non tes	Basis data <i>log history</i> OpticalGamification (OG)
Tahap setelah intervensi	Tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan OpticalGamification (OG) dalam perkuliahan optik	Non tes	Angket
Tahap interpretasi	Seluruh data QUAN (qual) dianalisis dan diinterpretasi, serta dilaporkan dalam disertasi.		

I. Pengembangan Instrumen Penelitian

1. Instrumen Penguasaan Konsep, Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Berpikir Kreatif

Instrumen tes diujicobakan terlebih dulu pada mahasiswa calon guru fisika yang telah mengikuti perkuliahan optik pada salah satu universitas di Kota Ternate. Uji coba instrumen dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya pembeda dari instrumen tes yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk membantu analisis validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran dan daya pembeda, dilakukan perhitungan dengan menggunakan program ANATES.

a. Validitas

Validitas tes dimaknai sebagai seberapa jauh perangkat tes itu berguna dalam mengambil keputusan yang relevan dengan tujuan yang telah ditetapkan (Zainul, 2005). Uji validitas yang dilakukan pada penelitian ini meliputi validitas konstruk dan validitas isi.

1) Validitas Konstruk

Suatu instrumen tes dikatakan memiliki validitas konstruk apabila butir-butir soalnya mengukur setiap aspek atau indikator-indikator yang akan diukur misalnya seperti indikator-indikator yang terdapat dalam kurikulum (Surapranata, 2009). Analisis validitas item dapat dilakukan dengan menggunakan teknik kolerasi *product moment* yang dikemukakan oleh Pearson yang dapat dinyatakan dengan persamaan 3.1 (Arifin, 2017).

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{(n \sum x^2) - (\sum x)^2\} \{(n \sum y^2) - (\sum y)^2\}}} \quad 3.1$$

dengan r_{xy} adalah koefisien kolerasi antara variabel x dan y , x adalah skor mahasiswa pada item yang diuji validitasnya, dan y adalah skor total yang diperoleh mahasiswa.

Penafsiran koefisien korelasi dapat menggunakan kriteria seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Interpretasi Koefisien Korelasi (Arifin, 2017)

Batasan	Interpretasi
0,00 – 0,20	Sangat rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Cukup (sedang)
0,61 – 0,80	Tinggi
0,81 – 1,00	Sangat tinggi

Dalam penelitian ini, pada awalnya instrumen tes terdiri dari dua perangkat tes yakni: 1) perangkat tes I yang terdiri dari 50 item soal pilihan ganda dan 2) perangkat tes II yang terdiri dari 4 item pilihan ganda beralasan dan 1 item soal uraian. Hasil analisis validitas konstruk dengan menggunakan *software* ANATES ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Hasil Analisis Validitas Konstruk dengan ANATES

Perangkat instrumen tes	Tipe Item Soal	Validitas Konstruk Item Soal				
		Sangat Tinggi	Tinggi	Cukup	Rendah	Sangat Rendah
Perangkat tes I	PG	-	1, 15, 16, 25, 27	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50	5, 9, 36, 37	-
Perangkat tes II	PG Beralasan	1*, 2*	3*, 4*	-	-	-
	Uraian	5*	-	-	-	-

Keterangan: 1*→ 5, 2*→ 9, 3*→ 36, 4*→ 37, 5*→ 51

Pada tabel 3.4, untuk perangkat tes I ditemukan bahwa item soal pilihan ganda nomor 5, 9, 36 dan 37 memiliki validitas rendah, sehingga item ini dieliminasi. Item soal pada perangkat tes II menggantikan item-item soal yang dielemniasi sehingga total item soal yang digunakan berjumlah 51 item. Selanjutnya hasil analisis validitas konstruk yang terdiri dari 51 item soal (46 item soal PG, 4 item soal PG beralasan dan 1 item soal uraian) akan diuji validitas isi.

2) Validitas Isi

Menurut Zainul (2005), validitas isi menunjukkan tingkat asosiasi skor di dalam tes dengan penguasaan peserta tes pada bidang studi yang diuji oleh perangkat tes tersebut. Tujuan utama dari validitas isi adalah untuk mengetahui sejauh mana peserta didik menguasai materi pelajaran yang telah disampaikan, dan perubahan-perubahan psikologis apa yang timbul pada diri peserta didik tersebut setelah mengalami proses pembelajaran tertentu (Arifin, 2017).

Untuk menentukan validitas isi suatu tes, maka diperlukan penilaian ahli (*expert*) bidang studi tersebut. Pada penelitian ini, 51 item soal yang telah melewati validitas konstruk akan divalidasi oleh lima ahli konten fisika. Untuk menentukan validitas isi ditentukan dengan menghitung besarnya *content validity ratio* (VCR) yang dapat ditentukan dengan persamaan yang dikemukakan oleh Lawshe (1975) dan Wilson, *et al* (2012).

$$CVR = \frac{n_e \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad 3.2$$

dengan n_e menyatakan jumlah validator yang menyatakan “Ya” dan N menyatakan jumlah total validator.

Tabel 3.5. Nilai Validitas Isi Instrumen
Tes Terintegrasi PK, KBK dan KBKr

Nomor Item Soal	CVR	Interpretasi	Nomor Item Soal	CVR	Interpretasi
1	1	Digunakan	27	1	Digunakan
2	1	Digunakan	28	1	Digunakan
3	1	Digunakan	29	0,6	Diperbaiki
4	1	Digunakan	30	1	Digunakan
5	1	Digunakan	31	1	Digunakan
6	1	Digunakan	32	1	Digunakan
7	0,6	Diperbaiki	33	1	Digunakan
8	0,6	Diperbaiki	34	1	Digunakan
9	1	Digunakan	35	1	Digunakan
10	1	Digunakan	36	1	Digunakan
11	1	Digunakan	37	1	Digunakan
12	1	Digunakan	38	0,6	Diperbaiki
13	0,6	Diperbaiki	39	1	Digunakan
14	1	Digunakan	40	0,6	Diperbaiki

Tabel 3.5. Nilai Validitas Isi Instrumen
Tes Terintegrasi PK, KBK dan KBK_r (Lanjutan)

Nomor Item Soal	CVR	Interpretasi	Nomor Item Soal	CVR	Interpretasi
15	1	Digunakan	41	1	Digunakan
16	1	Digunakan	42	1	Digunakan
17	0,6	Diperbaiki	43	1	Digunakan
18	0,6	Diperbaiki	44	1	Digunakan
19	0,6	Diperbaiki	45	1	Digunakan
20	1	Digunakan	46	1	Digunakan
21	1	Digunakan	47	0,6	Diperbaiki
22	0,6	Diperbaiki	48	0,6	Diperbaiki
23	1	Digunakan	49	0,6	Diperbaiki
24	1	Digunakan	50	0,6	Diperbaiki
25	1	Digunakan	51	1	Digunakan
26	1	Digunakan	CVI		0,89

Hasil analisis CVR menunjukkan bahwa sebanyak 37 item soal digunakan dan 14 item soal diperbaiki. Butir soal yang diperbaiki dikarenakan memiliki nilai CVR yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai kritis *content validity ratio* ($VCR_{critical}$) pada taraf signifikansi 0,05 ($\alpha = 0,05$) yakni 0,877 (Wilson, *et al.*, 2012). Perhitungan lebih lanjut dilakukan dengan menentukan *content validity index* (CVI) yang diperoleh sebesar 0,89 (Baik). Sajian hasil analisis validitas isi secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C.

b. Reliabilitas

Menurut Zainul (2005), reliabilitas menunjukkan keajegan dari suatu alat ukur atau instrumen tes. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk menentukan reliabilitas instrumen tes ialah metode belah dua (*split-half method*). Untuk item soal-soal pilihan ganda, reliabilitas tes ditentukan dengan menggunakan rumus *Spearman-Brown* seperti ditunjukkan pada persamaan 3.3 (Arifin, 2017; Sudjana, 2017), sedangkan untuk item soal-soal pilihan ganda beralasan dan item soal uraian menggunakan rumus Alpha atau *Cronbach's Alpha* seperti 3.4 (Arifin, 2017).

$$r_{11} = \left(\frac{2r_{\frac{1}{2}/\frac{1}{2}}}{1 + r_{\frac{1}{2}/\frac{1}{2}}} \right) \quad 3.3$$

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad 3.4$$

dengan r_{11} adalah koefisien reliabilitas perangkat tes, $r_{\frac{1}{2}/\frac{1}{2}}$ adalah korelasi antara skor-skor setiap belahan tes, $\sum \sigma_i^2$ = jumlah varians skor tiap-tiap item, σ_t^2 = varians total, n = jumlah mahasiswa.

Untuk memudahkan perhitungan reliabilitas, dalam penelitian ini digunakan *software* ANATES. Adapun klasifikasi interpretasi reliabilitas tes ditunjukkan pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Interpretasi Reliabilitas Tes

Batasan	Interpretasi
$0,0 < r < 0,2$	Sangat rendah
$0,2 \leq r < 0,4$	Rendah
$0,4 \leq r < 0,6$	Cukup (sedang)
$0,6 \leq r < 0,8$	Tinggi
$0,8 \leq r \leq 0,4$	Sangat tinggi

Hasil analisis dengan menggunakan *software* ANATES menunjukkan bahwa besarnya reliabilitas instrumen tes untuk perangkat 1 (PG) yang digunakan adalah 0,86 dan dikategorikan sangat tinggi. Untuk perangkat 2 (PG Beralasan dan essay), besarnya reliabilitas instrumen tes yang digunakan adalah 0,80 dan dikategorikan sangat tinggi. Sajian hasil analisis secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran C.

c. Daya Pembeda

Daya pembeda (D) soal ditunjukkan oleh indeks daya pembeda (Matlock-Hetzel, 1997). Daya pembeda butir soal merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kemampuan butir soal membedakan kelompok yang berprestasi tinggi dan berprestasi rendah (Zainul, 2005). Menurut Matlock-Hetzel (1997) untuk menentukan daya pembeda butir soal dapat dihitung dengan rumus;

$$DP_j = \frac{B_{Aj}}{J_A} - \frac{B_{Bj}}{J_B} = \frac{B_{Aj} - B_{Bj}}{J_A} \quad 3.5$$

dengan DP_j merupakan daya pembeda, B_{Aj} adalah banyaknya responden kelompok A yang menjawab benar butir j, B_{Bj} adalah banyaknya responden kelompok B yang menjawab benar butir j, J_A adalah jumlah responden kelompok A, J_B adalah jumlah responden kelompok B, dimana $J_A = J_B$. Interpretasi daya pembeda ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Interpretasi Daya Pembeda (Matlock-Hetzel, 1997; Ebel & Frisbie, 1991)

D	Interpretasi
$D \geq 0,40$	Item soal sangat baik
$0,30 < D \leq 0,39$	Item soal cukup baik tetapi mungkin dapat diperbaiki
$0,20 < D \leq 0,29$	Item soal marginal dan perlu direvisi
$D \leq 0,19$	Item soal jelek, revisi mayor atau dieliminasi

Untuk memudahkan perhitungan daya pembeda dari instrumen tes dalam penelitian ini digunakan *software* ANATES. Hasil analisis daya pembeda dengan menggunakan *software* ANATES ditunjukkan pada tabel 3.8.

Tabel 3.8. Daya Pembeda Instrumen Tes

Perangkat instrumen tes	Tipe Item Soal	Kategori Daya Pembeda (D)			
		A	B	C	D
Perangkat tes I	PG	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50	28	9, 36	5, 37
Perangkat tes II	PG Beralasan	1*, 2*, 3*, 4*	-	-	-
	Uraian	5*	-	-	-

Keterangan:

A = Item soal sangat baik, B = Item soal cukup baik tetapi mungkin dapat diperbaiki, C = Item soal marginal dan perlu direvisi, D = Item soal jelek, revisi mayor atau dieliminasi.

Item soal nomor 1*→5, 2*→9, 3*→36, 4*→37, 5*→51

d. Tingkat Kesukaran Butir Soal

Ukuran yang menyatakan besarnya jumlah responden yang menjawab benar pada suatu item soal dinyatakan dengan tingkat kesukaran. Jika semakin banyak responden yang dapat menjawab benar, maka semakin besar indeks tingkat kesukaran yang berarti bahwa semakin mudah butir soal tersebut (Zainul, 2005). Untuk item soal-soal pilihan ganda, tingkat kesukaran butir soal ditentukan dengan menggunakan persamaan 3.6 (Zainul, 2005), sedangkan untuk item soal-soal pilihan ganda beralasan dan item soal uraian menggunakan persamaan 3.7 (Karno To, 1996).

$$TK = \frac{B}{JS} \quad 3.6$$

$$TK = \frac{S_A + S_B}{I_A + I_B} \times 100\% \quad 3.7$$

dengan TK yaitu indeks tingkat kemudahan butir soal tertentu (yang dianalisis), B yaitu banyaknya mahasiswa yang menjawab soal dengan betul pada butir soal tertentu (yang dianalisis), JS yaitu jumlah seluruh mahasiswa peserta tes, S_A yaitu jumlah skor kelompok atas, S_B yaitu jumlah skor kelompok bawah, I_A yaitu jumlah skor ideal kelompok atas, dan I_B = yaitu jumlah skor ideal kelompok bawah. Interpretasi tingkat kesukaran dan hasil analisis dengan ANATES ditunjukkan pada Tabel 3.9 dan 3.10.

Tabel 3.9. Interpretasi Tingkat Kesukaran (Arifin, 2017; Sudjana, 2017)

Tingkat Kesukaran	Interpretasi
0,00 – 0,30	Sukar
0,31 – 0,70	Sedang
0,71 – 1,00	Mudah

Tabel 3.10. Tingkat Kesukaran Instrumen Tes

Perangkat instrumen tes	Tipe Item Soal	Kategori Indeks Kesukaran		
		Sukar	Sedang	Mudah
Perangkat tes I	PG		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50	37

Tabel 3.10. Tingkat Kesukaran Instrumen Tes (Lanjutan)

Perangkat tes II	PG Beralasan		1*, 2*, 3*, 4*	-
	Uraian		5*	-

e. Deskripsi Instrumen Tes Penguasaan Konsep, Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Berpikir Kreatif yang Digunakan dalam Penelitian

Hasil analisis butir soal menunjukkan bahwa pada perangkat tes 1 (PG), sebanyak 46 item soal layak digunakan dan 4 item soal dibuang yakni item soal nomor 5, 9, 36 dan 37. Sedangkan pada perangkat tes II (PG beralasan dan uraian), sebanyak 5 item soal dipandang layak digunakan dalam penelitian. Oleh karena itu, perangkat instrumen penelitian yang layak digunakan berjumlah 51 item soal, yang meliputi 46 item soal pilihan ganda, 4 item soal pilihan ganda beralasan dan 1 item soal uraian. Untuk lebih jelasnya instrumen penelitian yang digunakan dinyatakan dalam tabel 3.11 dan 3.12.

Tabel 3.11. Sebaran Soal untuk Tes Keterampilan Berpikir Kritis

No	Aspek KBK	Indikator KBK	Sub Indikator KBK	Bentuk Tes	Nomor Soal
1	Memberikan penjelasan sederhana	Menganalisis argumen	Mencari persamaan dan perbedaan	PG	1, 4, 24
2	Membangun keterampilan dasar	Mempertimbangkan kredibilitas suatu sumber	Mampu memberi alasan	PG Beralasan	5, 9, 36, 37
		Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi	Mencatat hal-hal yang diinginkan	PG	11, 26, 43
3	Menyimpulkan	Membuat induksi dan mempertimbangkan induksi	Membuat generalisasi	PG	12, 20, 21, 33
		Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan	Menerapkan prinsip yang dapat diterima	PG	16, 17, 28, 34, 39, 41, 49, 50

Tabel 3.11. Sebaran Soal untuk Tes Keterampilan Berpikir Kritis (Lanjutan)

No	Aspek KBK	Indikator KBK	Sub Indikator KBK	Bentuk Tes	Nomor Soal
4	Membuat penjelasan lebih lanjut	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi	a. Bentuk : sinonim, klasifikasi, rentang, ekspresi yang sama, operasional, contoh dan bukan contoh b. Strategi definisi : aksi, tindakan pengidentifikasian c. Isi	PG	2, 6, 30, 48
5	Strategi dan taktik	Memutuskan suatu tindakan	Merumuskan solusi alternatif	PG	19, 23,38, 42
		Berinteraksi dengan orang lain	Mengembangkan dan menanggapi konsep-konsep yang keliru	PG	3, 7, 18, 31, 40, 45,

Tabel 3.12. Sebaran Soal untuk Tes Keterampilan Berpikir Kreatif

No	Indikator KBK	Definisi	Prilaku Siswa	Bentuk Tes	Nomor Soal
1	<i>Fluency</i>	- Memunculkan banyak ide (gagasan), banyak jawaban ataupun banyak pertanyaan - Memberikan banyak cara/ saran agar dapat melakukan banyak hal - Memikirkan jawaban atau penyelesaian yang lebih dari satu	- Menjawab dengan beragam ide (gagasan) atau beragam jawaban terhadap suatu pertanyaan	PG	8, 10, 27, 29, 46, 47
2	<i>Flexibility</i>	- Menghasilkan gagasan-gagasan, jawaban-jawaban atau pertanyaan-pertanyaan yang bervariasi - Menemukan banyak alternatif penyelesaian dari sudut pandang yang berbeda-beda	- Memberikan banyak penafsiran atau interpretasi dari suatu permasalahan (seperti gambar, grafik atau cerita) - Menerapkan konsep/ azas dengan cara atau metode yang berbeda-beda	PG	13, 15, 22, 35, 44

Tabel 3.12. Sebaran Soal untuk Tes Keterampilan Berpikir Kreatif (Lanjutan)

No	Indikator KBKr	Definisi	Prilaku Siswa	Bentuk Tes	Nomor Soal
3	<i>Elaboration</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Memperkaya atau mengembangkan suatu ide (gagasan), atau dari sebuah produk - Merinci atau menambahkan lebih detil dari suatu ide (gagasan), obyek, ataupun situasi, sehingga dapat menjadi lebih menarik 	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan langkah-langkah secara rinci untuk dapat menemukan makna/ arti lebih mendalam terhadap jawaban ataupun pemecahan dari permasalahan - Memperkaya atau mengembangkan ide (gagasan), atau suatu produk dari orang lain - Menambahkan garis, warna ataupun bagian-bagian secara detail suatu gambar atau grafik 	PG	14, 25, 32
4	<i>Originality</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Menghasilkan ide (gagasan), jawaban atau penyelesaian yang baru, unik atau tidak lazim - Membuat berbagai kombinasi yang tidak lazim dari bagian-bagian atau unsur-unsur 	<ul style="list-style-type: none"> - Menghasilkan solusi baik berupa ide atau gagasan, jawaban ataupun penyelesaian yang unik (tidak lazim), ataupun tidak terpikirkan oleh orang lain melalui berbagai kombinasi dari bagian-bagian atau unsur-unsur . 	Essay	51

2. Hasil Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Lembar kerja mahasiswa (LKM) yang dikembangkan dirancang dalam bentuk *dependent experimental quiz* yakni kuis yang hanya bisa dikerjakan dengan baik jika mahasiswa melakukan eksperimen melalui simulasi virtual yang disediakan dalam aplikasi. Validasi LKM dilakukan dengan melibatkan lima orang ahli. Adapun aspek-aspek yang menjadi penilaian validator meliputi pernyataan terkait: 1) relevansi kuis yang disajikan dengan capaian pembelajaran, 2) relevansi kuis yang disajikan dengan konten fisika yang dipelajari, 3) kemudahan dalam memahami petunjuk/ instruksi-instruksi kuis, 4) potensi kuis yang disajikan dalam mengembangkan KBK, 5) potensi kuis yang disajikan dalam mengembangkan KBKr, dan 6) intergrasi otomatisasi penilaian dalam

OpticalGamification (OG). Hasil analisis lembar validasi menunjukkan bahwa LKM yang dikembangkan layak untuk digunakan dalam penelitian. Sajian secara lebih rinci dapat ditunjukkan pada Lampiran C.

3. Hasil Validasi OpticalGamification (OG)

OpticalGamification (OG) divalidasi dengan melibatkan lima orang ahli. Adapun aspek-aspek yang menjadi penilaian validator meliputi aspek teknis, bahasa dan grafik. Aspek teknis meliputi pernyataan-pernyataan terkait: 1) penggunaan OpticalGamification (OG) pada komputer maupun *smartphone* (*executable*), 2) keberfungsian tautan antar menu-menu pada level dan evaluasi, 3) keberfungsian navigasi tautan (*link*), 4) kemudahan akses terkait petunjuk penggunaan aplikasi, 5) *feedback* jawaban yang diberikan pada setiap level, 6) keberfungsian elemen seperti teks, simulasi, *dependent experimental quiz*, level, *point*, *leaderboard*, 7) penerapan konsep pembelajaran tuntas pada OpticalGamification (OG), 8) keberfungsian *leaderboard* (papan pemenang) dan 9) kemudahan dalam menggunakan OpticalGamification (OG) (*user friendly*). Validasi pada aspek bahasa meliputi pernyataan-pernyataan terkait: 1) penulisan teks dalam OpticalGamification (OG) dan 2) penggunaan kalimat dalam OpticalGamification (OG). Validasi pada aspek grafik meliputi pernyataan-pernyataan terkait: 1) keterbacaan teks, 2) penggunaan simbol, 3) tampilan warna pada aplikasi 4) desain tampilan antar muka (*interface*) pada OpticalGamification (OG).

Berdasarkan hasil analisis lembar validasi menunjukkan bahwa OpticalGamification (OG) yang dikembangkan layak untuk digunakan dalam penelitian. Sajian secara lebih rinci dapat ditunjukkan pada Lampiran C.

4. Hasil Validasi Angket

Angket digunakan untuk menelusuri tanggapan mahasiswa calon guru fisika terhadap penggunaan OpticalGamification (OG) dalam perkuliahan optik. Angket diberikan setelah mahasiswa mengikuti perkuliahan dengan menggunakan OpticalGamification (OG). Berdasarkan analisis lembar menunjukkan bahwa

instrumen angket dinyatakan layak untuk digunakan dalam penelitian. Sajian secara lebih rinci dapat ditunjukkan pada Lampiran C.

J. Teknik Analisis Data

Data-data penelitian diklasifikasikan menjadi data kuantitatif (**QUAN**) dan data kualitatif (**qual**). Data **QUAN** meliputi data penguasaan konsep (PK), keterampilan berpikir kritis (KBK), keterampilan berpikir kreatif (KBK_r) dan data keterlibatan mahasiswa. Sedangkan data **qual** meliputi data perilaku belajar mahasiswa serta tanggapan mahasiswa terhadap perkuliahan optik dengan menggunakan OpticalGamification (OG).

1. Analisis Data Tes Penguasaan Konsep, Keterampilan Berpikir Kritis dan Keterampilan Berpikir Kreatif

Data tes penguasaan konsep (PK), keterampilan berpikir kritis (KBK) dan keterampilan berpikir kreatif (KBK_r) diperoleh dari *pretest* dan *posttest*.

a. Pemberian Skor

Pemberian skor disesuaikan dengan bentuk instrumen tes yang digunakan.

1) Pilihan Ganda

Untuk item soal pilihan ganda, mahasiswa yang menjawab dengan benar diberi skor 1 dan 0 jika jawaban mahasiswa salah.

2) Pilihan Ganda Beralasan

Untuk item soal pilihan ganda beralasan, pemberian skor dilakukan dengan mengacu pada rubrik seperti pada tabel 3.13.

Tabel 3.13. Rubrik Penilaian Item Soal Pilihan Ganda Beralasan

Kemungkinan Jawaban	Aspek Penilaian		Skor
	Jawaban	Alasan	
1	Tidak menjawab	Tidak memberi alasan	0
2	Salah	Tidak memberi alasan	0
3	Salah	Memberi alasan yang salah	0
4	Salah	Memberi alasan yang benar (memunculkan ide pokok yang benar)	1

Tabel 3.13. Rubrik Penilaian Item Soal Pilihan Ganda Beralasan (Lanjutan)

Kemungkinan Jawaban	Aspek Penilaian		Skor
	Jawaban	Alasan	
5	Benar	Tidak memberi alasan	1
6	Benar	Memberi alasan yang salah	1
7	Benar	Memberi alasan yang benar (memunculkan ide pokok yang benar)	2

3) Uraian

Untuk item soal uraian, pemberian skor dilakukan dengan mengacu pada rubrik seperti pada tabel 3.14.

Tabel 3.14. Rubrik Penilaian Item Soal Uraian

Kriteria	Skor
Tidak menuliskan ide/ gagasan	0
Menuliskan ide/ gagasan yang tidak rasional	0
Menuliskan 1 ide/ gagasan yang rasional, tetapi lazim	1
Menuliskan 2 ide/ gagasan yang rasional, tetapi lazim	1
Menuliskan 3 atau lebih ide/ gagasan yang rasional, tetapi lazim	1
Menuliskan 1 ide/ gagasan yang rasional, tetapi tidak lazim	2
Menuliskan 2 ide/ gagasan yang rasional, tetapi tidak lazim	3
Menuliskan 3 atau lebih ide/ gagasan yang rasional, tetapi tidak lazim	4

b. Penghitungan Skor Gain yang Dinormalisasi $\langle g \rangle$

Perhitungan gain skor yang dinormalisasi digunakan untuk menentukan besarnya peningkatan penguasaan konsep (PK), peningkatan keterampilan berpikir kritis (KBK) dan peningkatan keterampilan berpikir kreatif (KBKr) mahasiswa yang mengikuti perkuliahan optik khususnya topik interferensi dan difraksi dengan menggunakan OpticalGamification (OG) model serial dan model random. Skor gain yang dinormalisasi ditentukan digunakan rumus yang dikembangkan oleh Hake (1998) yaitu:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle G \rangle}{\% \langle G \rangle_{\max}} = \frac{\% S_f - \% S_i}{100 - \% S_i} \quad 3.8$$

Interpretasi nilai $\langle g \rangle$ dapat dilihat pada tabel 3.15.

Tabel 3.15. Interpretasi Nilai Gain skor ternormalisasi (Hake, 1998)

Kategori	Keterangan
$\langle g \rangle \geq 0,70$	Tinggi
$0,70 > \langle g \rangle \geq 0,30$	Sedang
$\langle g \rangle < 0,30$	Rendah

c. Uji Normalitas

Untuk menguji normalitas distribusi sampel data, maka digunakan *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test* pada SPSS versi 16.0. Adapun hipotesis H_0 dan H_1 yang diajukan adalah:

H_0 : data sampel berdistribusi normal

H_1 : data sampel tidak berdistribusi normal

H_0 diterima jika nilai probabilitas atau **Sig** lebih besar dari 0,05 (**Sig** > α) dan H_0 ditolak jika nilai probabilitas atau **Sig** lebih kecil dari 0,05 (**Sig** < α).

d. Uji Homogenitas

Untuk menguji homogenitas dari varian sampel-sampel yang diuji, maka digunakan *Levene Test* pada SPSS versi 16.0. Adapun hipotesis H_0 dan H_1 yang diajukan adalah:

H_0 : varian kedua sampel homogen

H_1 : varian kedua sampel tidak homogen

H_0 diterima jika nilai probabilitas atau **Sig** lebih besar dari 0,05 (**Sig** > α) dan H_0 ditolak jika nilai probabilitas atau **Sig** lebih kecil dari 0,05 (**Sig** < α).

e. Uji Hipotesis Penelitian

Untuk menguji tingkat signifikansi perbedaan peningkatan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif dan keterlibatan mahasiswa calon guru fisika dilakukan dengan analisis statistik dengan menggunakan uji statistik parametrik dan atau uji statistik nonparametrik.

2. Analisis Data Keterlibatan dan Perilaku Mahasiswa

Data keterlibatan dan perilaku mahasiswa ketika mempelajari topik interferensi dan difraksi dengan menggunakan OpticalGamification (OG)

diperoleh melalui *data mining* dengan tehnik urutan (*sequences*). Adapun langkah-langkah yang ditempuh diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis *log* untuk mengetahui semua kegiatan yang dilakukan mahasiswa ketika mengakses OpticalGamification (OG). *Log* pengguna yang didapat berisi waktu akses, mahasiswa (NIM), instansi, alamat URL yang diakses (fitur), banyaknya percobaan (percobaan ke-i), skor yang diperoleh untuk setiap level dan evaluasi, koleksi *reward* (bintang) yang diperoleh oleh mahasiswa, alamat IP yang mengakses.
- b. Proses pembersihan data (*data cleaning*): data yang tidak relevan akan dihapus dari koleksi.
- c. Proses integrasi data (*data integration*): penggabungan data dari berbagai sumber berdasarkan pada kebutuhan penelitian.
- d. Pemilihan data (*data selection*). Pemilihan data yang relevan untuk dimasukkan ke data *warehouse* dipilih dari kumpulan data.
- e. Transformasi data (*data transformation*). Pada tahap ini, data *warehouse* ditransformasi ke dalam bentuk yang siap dan sesuai untuk prosedur penambangan.
- f. Penambangan data (*data mining*). Hasil data mining ditampilkan pada tampilan <http://opticalgamification.pptik.id/dashboard/pengembang>.
- g. Menelusuri pola urutan perilaku mahasiswa ketika mereka menyelesaikan tugas-tugas yang disajikan pada OpticalGamification (OG). Tugas-tugas disajikan pada level 1 (L1), level 2 (L2), level 3 (L3), level 4 (L4), level 5 (L5), level 6 (L6), level 7 (L7), level 8 (L8), level 9 (L9), evaluasi 1 (E1), evaluasi 2 (E2) dan evaluasi 3 (E3).

3. Analisis Data Angket

Data tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan OpticalGamification (OG) dalam perkuliahan optik khususnya materi interferensi dan difraksi dijangkau melalui angket. Besarnya persentase jumlah responden untuk satu item tanggapan dapat dihitung dengan:

$$PTR (\%) = \frac{JR}{JSR} \times 100\% \quad 3.9$$

dengan PTR (%) merupakan besarnya persentase responden untuk satu item tanggapan, JR merupakan jumlah responden untuk satu item tanggapan dan JSR merupakan jumlah seluruh responden.

Besarnya persentase responden untuk satu item tanggapan diinterpretasi pada kriteria yang dikemukakan oleh Riduwan (2012). Interpretasi tersebut diantaranya: tak seorangpun ($PTR = 0$), sebagian kecil ($1 \leq PTR \leq 24$), hampir sebagian ($25 \leq PTR \leq 49$), sebagian ($PTR = 50$), sebagian besar ($51 \leq PTR \leq 75$), hampir seluruhnya ($76 \leq PTR \leq 99$) dan seluruhnya ($PTR = 100$).